This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**Über dieses Buch**

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

**Nutzungsrichtlinien**

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

**Über Google Buchsuche**

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

MAR 2 3 1967

LANE

MEDICAL LIBRARY

SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
1885

Gift

LANE MEDICAL LIBRARY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF. 94304

# TETANUS.

EINE PHYSIOLOGISCHE STUDIE

VON

**Dr. JOHANNES RANKE,** 1836–1916.

PRIVATDOCENT DER PHYSIOLOGIE UND ASSISTENT AM PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE IN MÜNCHEN.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1865.

LANE LIBRARY. STANFORD UNIVERSITY

L185
R19
1865

# VORREDE.

Im Folgenden theile ich im Zusammenhange die Experimentalresultate mit, die ich bisher bei meinen Studien über die physiologischen Zustände des Muskels gewonnen habe.

Der Titel: Tetanus, der von mir gewählt wurde, wird sich aus der Lectüre rechtfertigen; ist es doch dieser Zustand des Muskels und seine Einwirkungen auf den Muskel selbst und auf den Gesammtorganismus vor Allem, worauf sich die folgenden Mittheilungen beziehen.

Die Einzelresultate der Untersuchung, die mich seit dem Ende des Jahres 1860 bis in die jüngste Zeit beschäftigte, habe ich theilweise schon mitgetheilt. Die betreffenden Arbeiten wurden in den Laboratorien der Herren Professoren Th. L. W. Bischoff, E. du Bois-Reymond, J. von Liebig, Max Pettenkofer und C. Voit angestellt. Jedem der genannten Herren, meinen hochverehrten Lehrern, bin ich zu dem tiefsten Danke verpflichtet für den Beistand, den sie mir — nicht allein in Beziehung auf die vorliegende Untersuchung — so vielfach mit Rath und That ertheilt haben. Wie wäre ich ohne ihre Unterstützung im Stande gewesen, die Untersuchung anzustellen, die ich grossentheils nach von ihnen ausgebildeten Methoden, mit von ihnen ersonnenen Apparaten, mit den Hülfsmitteln ihrer Institute, die sie mir auf die liberalste Weise zur Benutzung übergaben, ausführte.

Trotz der genannten Unterstützung wird man Manches an dieser Arbeit zu tadeln finden.

Keinesweges entspricht die Ausführung derselben der Aufgabe, die ich vielleicht zu umfassend gestellt hatte. Doch hielt ich es für gerathen, mit dem sich häufenden Materiale nicht mehr länger zurückzuhalten, da, seitdem ich mich mit den mitgetheilten Versuchen beschäftigte, schon mehrere, theilweise glänzende Untersuchungen in ähnlicher Richtung wie die meine erschienen. Leider war ich nicht mehr im Stande, einzelne derselben, welche die auch von mir aufgestellten Fragen direct berühren, in verdienter Weise zu würdigen, da

sie erst während des Druckes der vorliegenden Untersuchung in meine Hände kamen.

Vor allem muss ich mich auf Tadel über einige der von mir befolgten Methoden gefasst machen. Weiss ich doch selbst am besten, wie viel hierin noch zu wünschen wäre. Wie wenig eignet sich bis jetzt die organische Analyse zu quantitativen Bestimmungen; und doch war es dieser Weg, auf welchem meine Beobachtungen der Natur der Sache nach grossentheils nothwendig fortschreiten mussten. Wie weit bleiben meine physikalischen Untersuchungen hinter dem Vorbilde des Meisters und Schöpfers dieses Gebietes der physiologischen Forschung zurück!

In dieser Beziehung kann ich mich nur auf die gewissenhafte Mittheilung der von mir gefundenen Werthe und Zahlenangaben berufen, womit ich die Ausführlichkeit dieses Theiles der Darstellung zu entschuldigen bitte.

Hier ist der Ort, wo es mir obliegt, für die liberale äussere Ausstattung des Buches von Seite der geehrten, rühmlichst bekannten Verlagsbuchhandlung meinen aufrichtigen Dank zu sagen.

Mit den vorliegenden Resultaten ist die Untersuchung selbstverständlich noch nicht abgeschlossen, womit ich den Mangel schliesslicher theoretischer Betrachtungen, wie man sie vielleicht erwarten könnte, zu entschuldigen bitte. Erst einer wahrscheinlich viel späteren Zeit wird es vorbehalten sein, genügendes Material zu besitzen zu einer Theorie der inneren Mechanik der Muskelaction.

Möge dieser mein Versuch, nach meinen schwachen Kräften beizusteuern zu dem Ausbau der physiologischen Wissenschaft, trotz der vielen ihm anhaftenden Mängel freundliche Beurtheilung finden.

München den 22. Mai 1865.

Johannes Ranke

# INHALT.

## Einleitung.


Seite

Zur Geschichte der Chemie des Muskeltetanus . . . . . 1
Anhang. Geschichtliche Bemerkungen über die bisherigen Versuche der Bestimmung des galvanischen Leitungswiderstandes der thierischen Gewebe . 11


## Erster Abschnitt.


Der Einfluss des Tetanus auf die chemische Zusammensetzung des Muskels . . . . . 17


### Erstes Capitel.


Der galvanische Leitungswiderstand des Muskels in seinen Beziehungen zur Muskelchemie und zur Chemie des Tetanus . . . . . 19
§ 1. Vorbesprechung.
§ 2. Versuche. Erste Reihe. Leitungswiderstand des lebenden und todten Muskels . . . . . 29
§ 3. Versuche. Zweite Reihe. Leitungswiderstand des geruhten und tetanisirten Muskels . . . . . 48
§ 4. Resultate . . . . . 60
§ 5. Anhang. Leitungswiderstand pflanzlicher Gewebe . . . . . 61


### Zweites Capitel.


Der Wassergehalt des Muskels . . . . . 63
§ 1. Der Wassergehalt des ruhenden und tetanisirten Muskels . . 63
§ 2. Einfluss des Wassergehaltes des Muskels auf den Tetanus . . 70
§ 3. Verschiedene Einflüsse auf den Wassergehalt des ruhenden Muskels . . . . . 71
§ 4. Verschiedener Wassergehalt der Muskeln desselben Individuums 78
§ 5. Resultate . . . . . 82


### Drittes Capitel.


Wirkungen der Diffusion zwischen Blut und Muskel . . . . . 83
§ 1. Weiterer Versuchsplan . . . . . 83
§ 2. Der Wassergehalt des ruhenden und tetanisirten Muskels bei Ausschluss der Blutcirculation . . . . . 85
§ 3. Vergleichende Wasserbestimmungen im Blute ruhender und tetanisirter Thiere . . . . . 87
§ 4. Das Imbibitionsvermögen des Muskels . . . . . 95
§ 5. Resultate . . . . . 105

## Viertes Capitel.

Seite
Die Extractivstoffe des Muskels im Allgemeinen . . . . . 106
§ 1. Methode . . . . . 106
§ 2. Bestimmung der Wasserextractmenge des ruhenden und tetanisirten Muskels unter Einfluss der Circulation . . . . . 113
§ 3. Zusammenhang der Gesammtmenge der Extractivstoffe mit der Leistungsfähigkeit des Muskels . . . . . 122
§ 4. Beweis, dass die Wasserextractivstoffe des Muskels durch den Tetanus nicht nur eine relative, sondern eine absolute Verminderung erleiden . . . . . 124
§ 5. Alkoholextractbestimmungen . . . . . 132
§ 6. Resultate . . . . . 141

## Fünftes Capitel.

Die Mengenverhältnisse der Fleischmilchsäure im Muskel . . . . . 142
§ 1. Fortsetzung des Versuchsplans . . . . . 142
§ 2. Bestimmung der Säure und Beweis dass jeder Muskel — Ersatz u. Verlust durch Circulation ausgeschlossen — ein Säurebildungs-Maximum besitze . . . . . 143
§ 3. Vergleichende Bestimmung der bis zur Höhe der Todtenstarre sich bildenden Säuremengen im geruhten und tetanisirten Muskel . . 149
§ 4. Resultate . . . . . 151

## Sechstes Capitel.

Vergleichende Bestimmung der durch die Todtenstarre producirten Kohlensäuremenge im ruhenden und tetanisirten Muskel . . . . . 151
§ 1. Methode . . . . . 151
§ 2. Kohlensäureproduction des ruhenden und tetanisirten Muskels 160
§ 3. Resultate . . . . . 167

## Siebentes Capitel.

Vergleichende Bestimmung des Zuckergehaltes des ruhenden und tetanisirten Muskels . . . . . 168
§ 1. Methode und Voruntersuchung . . . . . 168
§ 2. Vergleichende Zuckerbestimmung im ruhenden und tetanisirten Muskel . . . . . 173
§ 3. Wo wird der Zucker, der sich nach dem Tetanus im Muskel vermehrt findet, gebildet? . . . . . 180
§ 4. Resultate . . . . . 190

## Achtes Capitel.

Der Fettgehalt des Muskels . . . . . 190
§ 1. Versuchsplan . . . . . 190
§ 2. Methode der Fettbestimmung . . . . . 192
§ 3. Fettbestimmung im ruhenden und tetanisirten Muskel . . . 193
§ 4. Resultate . . . . . 198

## Neuntes Capitel.

Vergleichende Bestimmung der Menge der eiweissartigen Stoffe im ruhenden und tetanisirten Muskel . . . . . 199
§ 1. Rückblick und Versuchsplan . . . . . 199
§ 2. Stickstoffbestimmung im ruhenden und tetanisirten Muskel. . 204
§ 3. Directe Bestimmung der Menge der Eiweissstoffe . . . . . 208
§ 4. Schlussbetrachtungen des ersten Abschnittes . . . . . 213
§ 5. Resultate . . . . . 217

## Zweiter Abschnitt.

Seite

Der Einfluss des Tetanus auf den Gesammtstoffverbrauch des Organismus . . . . . 218

### Zehntes Capitel.

Einige Beziehungen des Blutes zur Muskelarbeit . . . . . 221
§ 1. Bedarf der Muskel Blut zum Zustandekommen der Contraction? 221
§ 2. Einfluss des Blutgehalts des Muskels auf die Dauer der Leistungsfähigkeit desselben . . . . . 226
§ 3. Resultate . . . . . 233

### Elftes Capitel.

Die täglichen Kohlenstoff- und Stickstoffausscheidungen des menschlichen Organismus bei genügender Nahrung und Muskelruhe . . . . . 234
§ 1. Versuchsplan und Methode . . . . . 234
§ 2. Versuche zur Bestimmung des quantitativen Verhältnisses der Stickstoffausscheidung durch Darm und Nieren zur Stickstoffaufnahme in der Nahrung . . . . . 240
§ 3. Resultate . . . . . 252

### Zwölftes Capitel.

Die täglichen Kohlenstoff- und Stickstoffausscheidungen des menschlichen Organismus unter dem Wechsel der Ernährungsbedingungen und Muskelruhe . . . . . 256
§ 1. Versuchsplan . . . . . 256
§ 2. Hunger . . . . . 257
§ 3. Fleischnahrung . . . . . 265
§ 4. Stickstofflose Nahrung . . . . . 275
§ 5. Resultate . . . . . 278

Anhang zum XI. und XII. Capitel.
Analytische Belege und Methoden . . . . . 286

### Dreizehntes Capitel.

Die Ausscheidungen des thierischen Organismus unter dem Einflusse der Muskelarbeit . . . . . 301
§ 1. Ist ein Einfluss der Muskelarbeit auf die Ausscheidungen des thierischen Organismus zu erwarten? . . . . . 301
§ 2. Die Stickstoffausscheidung des Menschen unter dem Einfluss der Muskelbewegung . . . . . 304
§ 3. Kohlenstoffausscheidung des lebenden Frosches unter dem Einfluss der Muskelbewegung . . . . . 317
§ 4. Resultate . . . . . 325

## Dritter Abschnitt.

Chemische Hemmungseinrichtungen der Muskelaction . . . . . 327

### Vierzehntes Capitel.

Die ermüdenden Stoffe im Allgemeinen . . . . . 329
§ 1. Rückblick und Versuchsplan . . . . . 329
§ 2. Die Einwirkung der Circulation auf den ermüdeten Muskel . 331
Einspritzungen von Fleischflüssigkeit . . . . . 337
Resultate . . . . . 348
Schlussbemerkungen . . . . . 349

## Fünfzehntes Capitel.

Seite
Die einzelnen ermüdenden Stoffe . . . . . 350
§ 1. Wirkung der normal im Muskel vorhandenen Zersetzungsproducte der Muskelsubstanz auf den Muskel und das Nervensystem: Vorbesprechung . . . . . 350
§ 2. Die Milchsäure in ihren Wirkungen auf den Muskel und Nerven 351
§ 3. Das Kreatin in seinen Wirkungen auf den Muskel und Nerven. 358
§ 4. Die physiologischen Wirkungen des Kreatinin's . . . . . 365
§ 5. Wirkungen des Zuckers . . . . . 370
§ 6. Die physiologischen Wirkungen der Kohlensäure . . . . . 372
§ 7. Resultate . . . . . 377

## Sechszehntes Capitel.

Physiologische Wirkungen der nicht im Muskel producirten Zersetzungsproducte des Organismus . . . . . 383
§ 1. Der leitende Untersuchungsgedanke . . . . . 383
§ 2. Harnsäure und saures harnsaures Natron haben keinen nachweisbaren Einfluss auf den Organismus . . . . . 384
§ 3. Physiologische Wirkungen des Harnstoffs . . . . . 387
§ 4. Hippursäure . . . . . 393
§ 5. Glycocholsaures Natron . . . . . 395
§ 6. Kalisalze . . . . . 398
§ 7. Resultate . . . . . 399
Anhang zum Capitel XVI.
Wirkungen einiger Säuren . . . . . 403

## Siebzehntes Capitel.

Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf das elektromotorische Verhalten des Muskels . . . . . 404
§ 1. Leitende Versuchsgedanken . . . . . 404
§ 2. Besprechung der Wahrscheinlichkeit eines Einflusses der ermüdenden Stoffe auf die elektromotorische Kraft des Muskels . . . . 406
§ 3. Methode . . . . . 409
§ 4. Versuche über die Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf den Muskelstrom . . . . . 411
§ 5. Experimente zum Ausschluss des Verdachtes, als hätten wir es bei den vorstehend mitgetheilten Versuchen mit einer versteckten Wirkung der parelektronomischen Schicht des natürlichen Querschnittes des Gastrocnemius zu thun . . . . . 422
§ 6. Prüfung einiger weiterer Zersetzungsproducte des Organismus auf ihre Einwirkung auf den Muskelstrom . . . . . 442
§ 7. Resultate . . . . . 446

## Achtzehntes Capitel.

Einfluss der ermüdenden Stoffe auf die Oxydationsvorgänge innerhalb des Muskels . . . . . 450
§ 1. Die Wirkung der ermüdenden Stoffe auf Wasserstoffsuperoxyd 450
§ 2. Resultate aus § 1. . . . . 454
§ 3. Einfluss der Milchsäure auf die Zuckergährung . . . . . 456

## Neunzehntes Capitel.

Schluss . . . . . 459
Nachträge . . . . . 467

# EINLEITUNG.

## Zur Geschichte der Chemie des Muskeltetanus.

Die Frage nach dem Grunde des Zustandekommens der Muskelbewegung zu lösen, erschien von jeher als eine der Hauptaufgaben der physiologischen Forschung.

Es gab eine Zeit, in welcher man mit aprioristischen Conjecturen, mit philosophischen, systematischen Speculationen an diese und ähnliche Aufgaben herantrat. So entstand eine Anzahl unbegründeter Hypothesen.

F. Magendie [1]) sprach den Stand der Frage in der Zeit, in welcher er bemüht war, eine exacte, physikalische Forschungsmethode in die Physiologie einzuführen, ehrlich mit wenig Worten aus:

»Welche Veränderungen gehen in dem Gefüge der Muskeln während des Zustandes ihrer Zusammenziehung vor? Man weiss es durchaus nicht, und in dieser Hinsicht unterscheidet sich die Muskelzusammenziehung nicht von den Lebensverrichtungen, von denen man durchaus keine Erklärung geben kann.«

Es existirte vor den Untersuchungen Liebig's über das Fleisch keine Muskelchemie, wie konnte es eine Chemie des Muskeltetanus geben!

Die ersten Anfänge zu einer solchen finden sich in den eben genannten Untersuchungen Liebig's [2]).

1) Grundriss der Physiologie, übersetzt von Heusinger 1820.

2) Chemische Untersuchung über das Fleisch und seine Zubereitung zum Nahrungsmittel. Heidelberg, 1847. C. F. Winter. — Ann. Ch. Pharm. LXII, 257;

Es sind dies die Angaben über den verschiedenen Gehalt an Kreatin bei verschiedenen Fleischsorten.

Die Reihe, in welcher Liebig das Fleisch der Säugethiere nach ihrem Gehalt an Kreatin in der Weise ordnet, dass das an Kreatin reichste Fleisch die erste Stelle einnimmt, die letzte das am wenigsten davon enthaltende, scheint dieselbe zu sein, in welcher sie mit Bezugnahme auf das Bewegungsquantum geordnet werden müssten, welches diese Thiere im Leben im Verhältniss zu ihrer Muskelmasse zu leisten im Stande sind.

Die Reihe ist folgende: Marder, Pferd, Fuchs, Reh, Hirsch, Hase, Ochs, Schaf, Schwein, Kalb.

S. 36 der oben zuerst citirten Schrift sagt Liebig:

»Der Unterschied in dem Kreatingehalt ist selbst bei derselben Thierklasse in die Augen fallend. Das Fleisch eines Fuchses, der auf der hiesigen Anatomie zweihundert Tage lang mit Fleisch gefüttert worden war, lieferte noch nicht den zehnten Theil derjenigen Menge Kreatin, welche von einem gleichen Gewicht Fleisch von auf der Jagd erlegten Füchsen erhalten wurde.«

»Der Kreatingehalt der Muskeln eines Thieres steht in einer deutlichen Beziehung zu dem Fettgehalte oder zu den Ursachen, welche die Ablagerung des Fettes bedingen. Aus fettem Fleische erhält man oft nur Spuren, immer aber weit weniger Kreatin als wie von magerem, bei gleichem Fasergehalt. Der erwähnte gefütterte Fuchs gab über 1 Pfund an Bauchlappenfett, während an gehetzten oder gejagten Füchsen das Fett für das Auge nicht wahrnehmbar war.«

Im Herzen des Ochsen ist das Kreatin in reichlicher Menge vorhanden, obwohl sonst das Ochsenfleisch eine tiefe Stelle in der Reihe des Kreatingehaltes einnimmt.

Das Fleisch der Thiere, welche mehr Muskelarbeit im Verhältniss zu ihrer Muskelmasse zu leisten im Stande sind, enthält mehr Kreatin.

Durch Ruhe — die Ursache der Fettablagerung — wird der Kreatingehalt des Fleisches vermindert. Durch Hetzen auf der Jagd — Muskelarbeit — vermehrt.

Der bewegteste Muskel des Organismus: das Herz enthält eine

---

Ann. Chm. phys. [3] XXIII, 129; im Auszug: Pharm. Centr. 1847, 795. 801. 817. 833; J. pr. Chem. XLIII, 281; J. pharm. [3] XII, 227. 386; theilweise: Compt. rend. XXIV, 69. 195.

grössere Menge von Kreatin als die weniger angestrengte Stammmusculatur.

Es ist klar, dass man diese Beobachtungen so erklären musste:

Die Muskelcontraction ist mit einer Vermehrung des Kreatin's im Muskel verbunden.

Es war dies ein Beweis dafür, dass während des Tetanus wahrnehmbare chemische Veränderungen im Muskel vor sich gingen. Damit war eine Grundlage dafür gewonnen worden, anzunehmen, dass man im Stande sein würde, durch weitere Forschung in dieser Richtung eine physikalische Grundlage für die Erzeugung der Muskelkraft in den bei seiner Stoffzersetzung, Oxydation, frei werdenden Spannkräften aufzufinden. Das Kreatin konnte ja nur als Zersetzungsproduct der Muskelsubstanz angesehen werden.

Der Weg der directen Muskeluntersuchung, den Liebig mit diesem ersten Erfolge der Forschung eröffnet hatte, war nicht der einzige, der durch ihn für die Zwecke einer Chemie des Muskeltetanus in Anregung gebracht wurde. Er hatte schon dazu die Physiologie in seiner »Thierchemie«, S. 202 ff., noch mit zwei weiteren Methoden beschenkt: mit der Methode der vergleichenden Harnstoffbestimmung und mit der Methode der Kohlensäurebestimmung der Respiration zu dem gleichen Zwecke.

Indem Liebig zu dem Satze kam, dass aller Stickstoff der im Körper umgesetzten stickstoffhaltigen Stoffe im Harne wiedererscheine, hatte er damit ein Mittel angegeben, zu untersuchen, in wie fern die Muskelarbeit mit einem Muskelstoffverbrauch, der ja stickstoffhaltige Zersetzungsproducte liefern musste, verbunden sei. Und zwar musste gerade diese Untersuchungsmethode um so einladender erscheinen, da man annehmen musste, dass Veränderungen, die in dem schwierig zu untersuchenden Muskelgewebe sich der Entdeckung vielleicht entziehen könnten, sich in ihren Endresultaten in dem verhältnissmässig leicht nach der Methode Liebig's chemisch zu untersuchenden Harne nicht allzuschwer würden auffinden lassen müssen.

Damit, dass Liebig in seinen theoretischen Betrachtungen über die thierischen Vorgänge den Zusammenhang der Kohlensäureabgabe mit dem Stoffumsatz aufs Neue stark betont hatte, hatte er auch noch auf die Methode der Untersuchung der durch die Respiration ausgeschiedenen Kohlensäuremenge als ein Mittel, den Einfluss der Bewe-

gung im Allgemeinen auf den Stoffumsatz des Organismus, und damit secundär auf den des bewegten Organes, des Muskels, zu erkennen, hingedeutet.

Er hatte mit dieser Schöpfung der Untersuchungsmethoden die Frage nach dem Einfluss der Muskelbewegung auf die chemische Constitution des Muskels und damit des gesammten Organismus im wahren Sinne des Wortes zu einer offenen gemacht. Wir werden sehen, dass man sich rüstig, hie und da wohl zu eilig, von verschiedenen Seiten an die Feststellung der geforderten Antworten auf diese Frage heranmachte. —

Es wurden von verschiedenen Forschern fast gleichzeitig alle drei erwähnte Methoden der Untersuchung, die Liebig angedeutet hatte, für die Chemie des Tetanus zu verwerthen versucht.

C. G. Lehmann [1]) machte sich zuerst an die Entscheidung des Einflusses, welchen die Muskelbewegung auf die Stickstoffausscheidung im Harne, resp. die Harnstoffausscheidung besitze.

Er kam zu dem Schlusse, dass starke körperliche Bewegung eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung bedinge.

Er schied bei möglichst (?) gleichbleibender Nahrung gewöhnlich 32 Gramm Harnstoff im Tage während der Ruhe aus; nach bedeutenden körperlichen Strapazen aber 36—37 Gramm.

Die Versuche von J. Fr. Simon [2]) ergeben ebenfalls eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung bei anhaltender Bewegung. Auch hier war keine vollkommene Bestimmung der Nahrungsverhältnisse gegeben.

Damit schien die Frage erledigt und das, was man als ein Vernunftpostulat angesehen hatte, schien zu einem Festbesitze der Physiologie geworden zu sein. —

Der Gedanke, die Methode der Messung der in der Respiration ausgeschiedenen Kohlensäure auch in Beziehung auf die Veränderungen der Umsatzverhältnisse im Muskel auszubeuten, wurde in hohem Grade dadurch unterstützt, dass von E. du Bois-Reymond und G. v. Liebig Sohn im Anschluss an die Untersuchungen von A. von Humboldt, Fontana, Tiedemann u. A. m. über den Einfluss der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre auf die Muskel-, besonders

1 Wagner's Hwbch. d. Phys. Bd. II. S. 21; und Lehmann, Phys. Chem. Bd. I. S. 161. 1841.

2 Hdbch. d. angew. med. Chem. 1842. II. 365.

die Herzbewegung die Entdeckung gemacht wurde, dass der Froschmuskel, so lange er noch auf Elektricität reagirt, Sauerstoff absorbirt und Kohlensäure dafür abgiebt, und dass ein Muskel in Stickstoff bis zum Erlöschen seiner Zuckungsfähigkeit Kohlensäure aushaucht [1]).

Auch Matteucci [2]) machte diese Beobachtung und wies besonders darauf hin, dass eine Zunahme der Kohlensäureausscheidung des Muskels bei elektrischem Tetanus stattfinde.

Die Untersuchungen Valentin's [3]) über denselben Gegenstand hatten das gleiche Resultat in Beziehung auf die bisher bekannten Thatsachen. Er fand weiter, dass der Muskel auch noch nach Aufhören seiner Reizbarkeit Kohlensäure abgebe und Sauerstoff aufnehme.

Die Untersuchungen der Gesammtmenge der Kohlensäureabgabe in der Respiration unter Einfluss der Bewegung wurden vorzüglich von Scharling [4]) und Vierordt [5]) angestellt. Sie fanden beide, dass nach heftigen Bewegungen die Kohlensäureexhalation absolut vermehrt erscheint.

Prout [6]) hingegen fand zu Anfang mässiger Bewegung eine Vermehrung der Kohlensäureausscheidung in der Respiration, bei Ermüdung dagegen eine Abnahme; ebenso gleich anfangs eine Verminderung bei sehr starker Körperbewegung.

Séguin [7]) hatte übrigens schon nachgewiesen, dass bei starker Bewegung mehr Sauerstoff als bei schwacher consumirt werde.

Neuere Versuche bestätigten die Beobachtung der Kohlensäurevermehrung unter dem Einflusse der Muskelbewegung. —

Auch der Weg der directen chemischen Untersuchung der Muskelsubstanz unter dem Einflusse des Tetanus wurde betreten und gab einige wichtige Resultate.

E. du Bois-Reymond wies nach, dass infolge der Thätigkeit

---

1) Müller's Arch. 1850, 393; Berl. Acad. Ber. 1850, 339; Pharm. Centr. 1850, 769; Instit. 1851, 118.

2) Compt. rend. XLII, 648 ff.

3) Arch. f. phys. Heilkunde, XIV, 431 ff. 1857.

4) Berzelius Jahresbericht XXIII, 602; XXVI, 829. J. pr. Chm. XLVIII, 435; Ann. Ch. Pharm. XLV, 214 ff.

5) Arch. f. phys. Heilk. III, 536 ff.; Physiologie des Athmens, Karlsruhe 1845; Respiration, im Hwbch. d. Phys. 1844, 828 ff.

6) Schweigger's Journ. XV, 60.

7) Mémoires de l'Académie de Paris pour 1790.

des Muskels in demselben eine sauere Reaction auftrete, während der ruhende Muskel eine neutrale Reaction zeigt. Nach den Untersuchungen Liebig's — der die neutrale Reaction der frischen Muskeln bestätigte, — ist die im Muskelsafte vorhandene Säure: Milchsäure. Das von E. du Bois-Reymond beobachtete Phänomen des Sauerwerdens des Muskelsaftes bei dem Tetanus beruht demnach auf der Bildung von Milchsäure aus anderen Muskelstoffen.

Helmholtz[1]) machte die Entdeckung, dass die festen in der Fleischflüssigkeit gelösten Substanzen, welche aus dem bis zur Erschöpfung tetanisirten Muskel gezogen wurden, verschieden von denjenigen seien, welche aus dem gleichnamigen Muskel desselben Thieres, der sich in Ruhe befunden hatte, gewonnen werden können. Es war dies zeitlich der erste directe Beweis dafür, dass die Muskelcontraction wirklich von einer chemischen Veränderung der Muskelsubstanz begleitet sei. Die Untersuchung Liebig's über das Kreatin ist später angestellt. Helmholtz fand, dass im tetanisirten Muskel der in Weingeist lösliche Rückstand der Fleischbrühe gemehrt und der nur in Wasser lösliche gemindert sei.

Die weitere Entdeckung von Helmholtz[2]), dass die Muskeln bei der Contraction Wärme erzeugten, führte den Beweis, dass bei dem Tetanus nicht nur eine Stoffzersetzung, sondern eine gesteigerte Oxydation stattfinde. —

Die Idee Liebig's war gewesen, dass aller Stickstoff, der Zersetzung der stickstoffhaltigen Stoffe des Thierorganismus entstammend, durch den Harn entleert werde. Es war dadurch wie gesagt die Harnanalyse ein Mittel geworden, etwaige Schwankungen in der Zersetzungsgrösse der stickstoffhaltigen Körperstoffe, in specie der Muskeln, wie man sie durch den Tetanus erwartete, quantitativ zu bestimmen.

Wir sahen auf diesen Gedanken Liebig's die Untersuchungen von Lehmann und Simon, die wir oben erwähnt haben, basirt.

Es ist klar, wenn der Harnstoff kein Maass des Stoffwechsels wäre in dem von Liebig aufgestellten Sinne dieses Wortes, wenn ausser der Stickstoffausscheidung durch die Nieren noch eine andere uncontrolirbare Stickstoffausscheidung des Organismus auf einem anderen Wege stattfände, so würden die Beobachtungen Lehmann's und Simon's,

1) Müller's Arch. 1845.
2) Müller's Arch. 1848.

auch wenn sie sonst allen exacten Anforderungen entsprechen würden, im Sinne der Chemie des Muskeltetanus gar Nichts zu beweisen im Stande sein. Man hatte die von den Genannten beschriebene Steigerung der Stickstoffausscheidung im Harne infolge von gesteigerter Muskelbewegung bona fide auf eine Steigerung des Umsatzes gedeutet in den arbeitenden, stickstoffhaltigen Organen, den Muskeln. War der Satz Liebig's nicht stichhaltig, so fiel dieser scheinbare Beweis in Nichts zusammen; könnte ja doch die Muskelbewegung nur das Verhältniss der etwaigen gasförmigen Stickstoffausscheidung zu der Ausscheidung durch den Harn ändern und zwar zu Gunsten der letzteren. Es würde sich so, auch wenn die Beobachtungen Zutrauen verdienen würden, daraus keine Annahme einer Steigerung des Umsatzes stickstoffhaltiger Körperstoffe durch den Tetanus rechtfertigen lassen.

Der Satz, dass der Harnstoff das Maass des Stoffwechsels sei, schien wirklich zu wanken.

Scheinbar ganz genau angestellte Versuche über Ernährung ergaben stets ein Deficit in der Stickstoffausscheidung durch die Nieren verglichen mit der Stickstoffaufnahme durch die Nahrung.

Am exactesten erschienen die Untersuchungen von Barral[1]) an sich selbst, und die Beobachtungen von Th. L. W. Bischoff[2]). — Beide Autoren fanden ein Stickstoffdeficit. Ebenso Bidder und Schmidt[3]); — für eine Katze schien sich ein Gleichgewicht herausgestellt zu haben, eine Beobachtung, die jedoch ganz vereinzelt stand.

Dazu kam, dass Regnault und Reiset[4]) in ihren Untersuchungen über das Athmen der Thiere dem Stickstoffdeficit im Harne entsprechend in manchen Fällen eine Abgabe von Stickstoff durch die Respiration, in andern freilich wieder eine Aufnahme von gasförmigem Stickstoff durch den Organismus verzeichnet hatten.

Matteucci und Valentin hatten in den bereits erwähnten Versuchen über Kohlensäureabgabe des Muskels auch eine Stickstoffausscheidung desselben nachgewiesen haben wollen; nur der letztere

1) Ann. ch. phys. [3] XXV, 129; J. pr. Chem. XLVIII, 257. Die Schlussfolgerungen auch: Compt. rend. XXVII, 361; Pharm. Centr. 1848, 929.

2) »Harnstoff als Mass des Stoffwechsels.« 1853.

3) »Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel.« 1852.

4) Ann. ch. phys. [3] XXVI, 299; Ann. Ch. Pharm. LXXIII, 92. 129. 257; die Schlussfolgerungen: J. pharm. [3] XVI, 297; Pharm. Centr. 1849, 683.

dachte daran, dass bei dieser Beobachtung vielleicht ein Versuchsfehler vorliegen könnte.

In den Gesammtrespirations-Untersuchungen Valentin's [1]) finden wir eine Rubrik: Stickstoffüberschuss und Beobachtungsfehler. Der Stickstoffüberschuss ist als durch die Athmung geliefert angenommen.

Wenn sich diese Beobachtungen, von denen ich nur die wichtigsten angeführt habe, bewahrheiten sollten, so fiel dadurch die Methode der Stickstoffbestimmung im Harne als ein Anhaltspunct für die Beurtheilung der Zersetzungsgrösse der stickstoffhaltigen Körperstoffe.

Inzwischen fanden die Beobachtungen von Lehmann und Simon neue Bestätigung durch H. Beigel [2]) und W. Hammond [3]), noch etwas später auch von Genth [4]).

Diese Bestätigungen waren schon dadurch werthlos, dass der Nachweis, dass kein Stickstoff durch die Respiration ausgeschieden würde, nicht geführt war.

Aber noch aus einem ganz anderen Grunde sind alle bisher genannten Stoffwechseluntersuchungen und die auf dieselben basirten Schlüsse werthlos.

Vor den Ernährungsversuchen von Th. L. W. Bischoff und C. Voit [5]) hatte kein Untersucher wirklich genaue, exacte Versuche in dieser Richtung angestellt. Alles was bis dorthin auf dem hier zur Frage kommenden Gebiete gearbeitet war, wurde durch die von ihnen angewandte Sorgfalt gründlich entwerthet. Nur nach ihrer Methode können in Zukunft noch derartige Untersuchungen angestellt werden.

Sie haben gezeigt, dass das bisher so oft behauptete Stickstoffdeficit in den Excreten nicht existirt. Dadurch würde der Satz Liebig's auf Grundlage wirklicher, exacter Forschung nicht rehabilitirt sondern in Wahrheit erst neu gewonnen: der Stickstoff in den Excreten ist ein Maass der Umsetzung der stickstoffhaltigen Körperstoffe.

---

1) »Die Einflüsse der Vaguslähmung auf die Lungen- und die Hautausdünstung.« 1857.

2) »Untersuchungen über den Harn und Harnstoffmengen«, in den Verhandlungen d. k. Leopold. Acad. d. Naturf. Bd. 25. Abthl. I, 477. 1855.

3) Americ. Journ. Jan. 1855.

4) »Untersuchungen über den Einfluss des Wassertrinkens auf den Stoffwechsel«, Wiesbaden 1856.

5) »Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers.« 1860.

In richtiger Würdigung der Verhältnisse nahm C. Voit die Untersuchungen Lehmann's von neuem auf [1]; sie erwiesen sich vor seiner exacten Experimentalkritik nicht nur als im Principe fehlerhaft angestellt, auch ihr Resultat, das ja trotzdem hätte richtig sein können, zeigte sich als nicht stichhaltig.

C. Voit hat den sichern Beweis geführt, dass die Vermehrung der Stickstoff-, resp. Harnstoffausscheidung, die bisher infolge der Muskelarbeit behauptet worden war, nicht existirt.

Er hat nachgewiesen, dass im Grossen und Ganzen die Stoffzersetzung des Organismus nur sich richte nach dem in ihm gleichzeitig vorhandenen zersetzbaren Material.

Es war damit gezeigt, dass die Chemie des Tetanus in Beziehung auf die grossen Stoffwechselvorgänge — die Stickstoffausscheidung wenigstens — noch nicht über den in den ersten Zeilen dieser Darstellung mit den Worten Magendie's geschilderten Standpunct hinausgekommen sei.

Auch die bisherigen Beobachtungen über die Vermehrung der Kohlensäureabgabe durch die Respiration, gleichfalls ohne die nöthigen Cautelen angestellt, wurden schwankend. Konnten sich doch vielleicht auch hier uncontrolirte Nahrungseinflüsse geltend gemacht haben.

Von Allem bisher gewonnenen blieb Nichts, um als Grundlage für eine mechanische Erklärung der Arbeitsleistung des Muskels zu dienen, als die an dem Muskel selbst gewonnenen Resultate.

Darunter kann aber selbstverständlich die Beobachtung von Helmholtz über die Erwärmung des Muskels durch den Tetanus nicht gerechnet werden. Sie beweisen zwar eine gesteigerte Oxydation in dem arbeitenden Muskel, aber Nichts weiter. Die durch die Oxydation frei werdenden Spannkräfte werden in diesem Falle ja nicht zu mechanischen Leistungen des Muskels sondern eben nur zu seiner Erwärmung verwendet.

Bestehen blieb nur:

1. Infolge des Tetanus verwandelt die bei Ruhe neutral reagirende Muskelsubstanz ihre Reaction in eine sauere. E. du Bois-Reymond.

2. Muskelarbeit scheint die Kreatinmenge im Muskel zu vermehren. J. v. Liebig.

1) »Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegung auf den Stoffwechsel.« 1860.

3. Die relativen Verhältnisse der Extractivstoffe im ruhenden und tetanisirten Muskel sind verschieden. Es findet sich bei dem letzteren eine Vermehrung des Alkoholextractes und Verminderung des Wasserextractes. Helmholtz.

4. Der Muskel giebt während des Tetanus mehr Kohlensäure an die Atmosphäre ab als in der Ruhe. Valentin u. And. —

So war der Stand der Frage, als ich im November 1860 die gegenwärtige Untersuchung begann.

Es sind während dieser Zeit eine Reihe von neuen Beobachtungen auf diesem Gebiete gemacht worden, die ich, soweit sie meine eigenen Untersuchungen berühren, an den betreffenden Stellen mittheilen werde.

Am wichtigsten sind unter diesen jedenfalls die Entdeckung eines wahren Zuckers im Muskel von Meissner und die sichere Bestätigung der Liebig'schen Beobachtung der Vermehrung des Kreatins im Muskel infolge der Arbeitsleistung von Sarokow.

---

Mein Plan war, die gesammte Frage in ganzer Ausdehnung einer erneuten Bearbeitung zu unterwerfen. Das damals von mir als Richtschnur für die anzustellenden Versuche aufgeschriebene Versuchsschema trägt die Ueberschrift: »Die Lebenseigenschaften des Muskels als Functionen seiner chemischen Stoffverhältnisse. —

Die Untersuchung, wie sie hier vorliegt, zerfällt in 3 Abschnitte:

1. In die Untersuchung des Muskels und seiner chemischen Veränderungen durch den Tetanus.

2. Untersuchung des Einflusses der Muskelbewegung auf die Chemie des Gesammtorganismus. Es finden hier einige Beobachtungen über den Einfluss des Blutes auf den Muskel und seine Functionen ihre Stelle, ausserdem die Beobachtungen über die Einwirkung der Muskelarbeit auf die Ausscheidung des Kohlenstoffes und Stickstoffes des Organismus. Diese Arbeit wurde dadurch complicirt, dass zuerst für das verwendete Versuchsobject: den Menschen, festgestellt werden musste, dass für ihn das gefürchtete Stickstoffdeficit nicht existirt.

3. Untersuchungen über die chemischen Grundlagen der Lebenseigenschaften des Muskels im Einzelnen. Hier finden Beobachtungen über die Ursachen der Ermüdung, der Leistungsfähigkeit etc. etc. ihre Stelle.

# Anhang.

Geschichtliche Bemerkungen über die bisherigen Versuche der Bestimmung des galvanischen Leitungswiderstandes der thierischen Gewebe. —

Das erste Capitel der Untersuchungen enthält vergleichende galvanische Leitungswiderstandsbestimmungen des lebenden und todten, des geruhten und tetanisirten Muskels. Es scheint mir zweckmässig die bisherigen Leistungen auf diesem Gebiete kurz darzustellen. —

Bei der Fragestellung der Forscher handelte es sich bisher darum, zu entscheiden, ob die thierischen Gewebe, besonders Muskeln und Nerven, vielleicht eine specifische Eigenschaft in Beziehung auf das Leitungsvermögen besässen.

Obwohl schon das letzte Drittheil des vergangenen Jahrhunderts [1]) es erkannt hatte, dass die thierischen und pflanzlichen Gewebe ihr Leitungsvermögen nur dem in ihnen enthaltenen Wasser verdanken, und dass ihr Leitungsvermögen dem der Metalle bei weitem nachstehe, scheute man sich doch bis in unsere Zeit, auch die Muskeln und Nerven einfach in die Classe der feuchten Leiter einzuregistriren.

Der Gedanke der Identität des hypothetischen Nervenprincipes mit der Elektricität schien als ein unbedingtes Postulat zu fordern, dass die Nerven zu dem Zwecke ihrer Thätigkeit ein besonders gutes Leitungsvermögen für Elektricität, wenigstens ein bei weitem besseres als die übrigen thierischen Gewebe besitzen müssten.

Bestärkt wurde diese Meinung noch durch die Autorität eines Forschers wie Ritter [2]), der aus der Thatsache, dass die thierischen Flüssigkeiten ziemlich viel besser als reines Wasser leiten, ihnen ein höheres Leitungsvermögen als selbst einer Kochsalzlösung zuschrieb.

Jedoch im Anfange unseres Jahrhunderts (1805) schon wurde der Wahn von dem besonderen Leitungsvermögen der Nerven gegenüber

---

1) S. die Literatur über diesen Gegenstand bei du Bois-Reymond, Thierische Electricität Bd. II. Abth. II. S. 189 ff.

2) Beiträge Bd. I. St. 3. 4. S. 263.

den anderen thierischen Geweben von Heidmann zurückgewiesen, welche Angabe 1830 durch Person nochmals Bestätigung fand[1]).

Hierher gehören auch die Untersuchungen, die in Gemeinschaft mit Jolly von Th. L. W. Bischoff angestellt wurden und die, obwohl die genannten Forscher früher auf Grund angestellter Versuche zu der Ansicht eines guten Leitungsvermögens der Nerven[2]) geführt worden waren, ebenfalls das geringe Leitungsvermögen der Nerven bestätigten[3]).

Von den uns hauptsächlich interessirenden Untersuchungen Matteucci's soll noch unten geredet werden.

Obwohl uns für die vorliegende Frage die vielfältig angestellten Versuche, den Leitungswiderstand des lebenden menschlichen Körpers zu bestimmen, weniger direct interessiren, so halte ich es doch für nöthig, wenigstens einige Hauptresultate dieser Untersuchungen zu erwähnen. Das Resultat Volta's, Humboldt's und Ritter's, dass die Oberhaut des menschlichen Körpers den hauptsächlichen Widerstand in demselben für den elektrischen Strom darstelle[4]), interessirt uns in so fern, als es sich daraus ergiebt, dass Wasserverlust, welcher die Oberhaut hauptsächlich vor den übrigen Geweben charakterisirt, das Leitungsvermögen sehr bedeutend herabzusetzen vermag. Es wird sich in der Folge zeigen, wie diese Beobachtung zu den von mir angestellten in Beziehung tritt.

Aus den Untersuchungen von Lenz und Ptschelnikoff[5]) interessirt uns das Resultat, dass der Leitungswiderstand jüngerer Personen bedeutend grösser sei als der erwachsener Männer.

Neben der Ansicht du Bois-Reymond's, der diese Erscheinung aus dem muthmasslich kleineren Querschnitt der Finger der jüngeren Personen ableitet, da beim Durchgang des Stromes von Finger

1) du Bois-Reymond, Thierische Electricität. Bd. II. Abth. II. S. 191.

2) Müller's Arch. 1838. S. 493. — Jolly in Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft bei ihrer Versammlung zu Basel den 12., 13., 14. September 1838. S. 121.

3) Müller's Arch. 1841. S. 20.

4) A. v. Humboldt, Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. Bd. I. S. 152 ff. 204. 319.
Ritter, Beiträge u. s. w. Bd. I. St. 3. 4. S. 258. 259. 262.
du Bois Reymond, Thierische Electricität. Bd. II. Abth. II. S. 191.

5) Poggendorff's Annalen 1842. Bd. LVI. S. 429.

zu Finger, nächst der Oberhaut, doch gewiss die Finger es sind, die den grössten Widerstand darbieten, scheint mir eine andere Ansicht, die dies Verhältniss noch ausserdem von der verschiedenen chemischen Zusammensetzung eines jugendlichen und eines im kräftigen Mannesalter stehenden Individuums abzuleiten sucht, nicht unberechtigt. Der grössere Wassergehalt der jugendlichen Gewebe, dem kein vermehrter Salzgehalt zu entsprechen scheint, würde wohl direct einen grösseren Leitungswiderstand bedingen; wir werden im Folgenden sehen, dass der grössere Leitungswiderstand des Froschmuskels gegenüber dem Säugethiermuskel zu derselben Erklärung drängt.

Die Widerstandsmessungen des menschlichen Körpers von Pouillet fallen in das Jahr 1837 [1]).

Die wichtigsten Fundamentalversuche über die Leitungsverhältnisse des lebenden menschlichen Körpers sind von E. Weber in seinen »Quaestiones physiologicae de phaenomenis galvano-magneticis in corpore humano observatis« 1836 niedergelegt.

Er verglich den in Frage stehenden Widerstand mit dem des reinen Wassers und wir verdanken ihm so die bisher einzigen absolut messenden Versuche, deren Resultat es war, dass der lebende Körper 10—20 mal besser als destillirtes Wasser leite; die Polarisation wurde hiebei nicht berücksichtigt.

Das scheinbare theoretische Postulat, dass die in Frage stehenden thierischen Theile, besonders die Nerven, deren Function man in der Leitung der Elektricität suchte, ein besonders gutes Leitungsvermögen besitzen müssten, um die Fortpflanzung der elektrischen Ströme zu erleichtern, war durch alle diese Versuche zurückgewiesen.

Matteucci's Untersuchungen [2]) brachten nichts Neues und sind überdies nach einer Methode angestellt, welche fast jede Garantie für die Richtigkeit der mit ihrer Hülfe gewonnenen Resultate entbehrt. Ich verweise an dieser Stelle auf die Kritik du Bois-Reymond's, zu der mir Nichts hinzuzufügen bleibt [3]). Matteucci arbeitete nach seiner Angabe mit frischen thierischen Geweben von einem eben geschlachteten Kaninchen, doch steht Nichts fest, ob die Lebenseigen-

---

1) Compt. rend. 22. Mai 1837. IV. S. 791.
2) Compt. rend. 1843.
3) Untersuchungen über thier. Electricität. Bd. II. S. 246.

schaften noch vorhanden gewesen. Das in Folgendem mitgetheilte Resultat seiner Untersuchung scheint mir, wie später erhellen wird, wenn wir ihm eine relative Richtigkeit zuschreiben, dagegen zu sprechen.

Pag. 47 der oben citirten Untersuchung heisst es wörtlich:

»La conductibilité du muscle est très-supérieure à celle des nerfs, de la moëlle et du cerveau, qui ne diffèrent pas beaucoup entre elles. La différence de conductibilité entre la substance musculaire et les autres est de 4 à 1.«

C. Eckhard beschäftigte sich in seinen Untersuchungen über den galvanischen Leitungswiderstand der thierischen Gewebe[1]) mit der Frage nach den Unterschieden in der Leitungsfähigkeit zwischen den einzelnen Geweben. Er kommt zum Schlusse, dass die Muskelsubstanz ungefähr im Mittel zweimal besser leite als Sehne, Knorpel und Nerve, die unter sich wenig in ihrer Leitungsfähigkeit abwichen.

Eckhard arbeitete mit Muskeln, deren Todtenstarre sich wieder gelöst hatte, da es für die ingeniöse Methode, der er sich zu den Bestimmungen bediente, nöthig war, den zu untersuchenden Muskel in einem Zustande anzuwenden, in dem er keinen weiteren Formveränderungen durch innere Ursachen ausgesetzt war. Es wird sich später herausstellen, dass durch die angegebene Vermeidung einer Fehlerquelle in den etwaigen Formveränderungen sich eine andere wohl bedeutendere eingeschlichen hat.

So wenig Licht die bisher citirten Untersuchungen über die physiologische Seite der Frage verbreiten, so eingreifend sind die Beobachtungen du Bois-Reymond's über diesen Gegenstand.

Er ist, so viel mir bekannt, bisher der Einzige, der sich mit der Frage, ob die verschiedenen Zustände des lebenden Muskels von Einfluss auf seine Leitungsfähigkeit seien, beschäftigte[2]), der Einzige, der den Leitungswiderstand des lebenden Muskels in den Kreis seiner Beobachtungen zog.

Die Frage, welche du Bois-Reymond in den angeführten Untersuchungen zu beantworten strebte, war direct diese, ob die negative Schwankung des Muskelstromes etwa sich ableiten lasse von einer Ver-

---

1) Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Bd. I. Abhdlg. III. 1858.

2) Thierische Electricität. Bd. II. Abth. I. S. 74 ff.

änderung des Leitungswiderstandes des contrahirten Muskels gegenüber dem des ruhenden.

Die beiden Resultate seiner Untersuchung interessiren uns für unsere Frage direct, so dass ich genöthigt bin, auf sie einzugehen.

Er weist nach:

1) Eine Gestaltveränderung des Muskels wie die bei der Contraction auftretende vermag nur eine Zunahme des Leitungswiderstandes zu bedingen und bedingt diese auch wirklich.

Er verweist a. a. O. S. 79 neben von ihm angestellten direct beweisenden Versuchen auf die Anschauung, welche leicht lehrt, dass für einen in der Richtung der Axe fliessenden Strom von allen Rotationskörpern von gleichem Rauminhalte und gleicher Axenlänge der Cylinder der Körper von geringstem Widerstande sei. Annäherung an die Walzenform bei gleicher Masse und Länge wird demnach Verminderung, fernere Abweichung von derselben Zunahme des Widerstandes zur Folge haben.

Gerade das Letztere ist aber der Fall bei Zusammenziehung, sowie die Entfernung der Endpuncte des Muskels festgestellt ist, ohne dass zugleich dieser Abstand so gross gewählt worden wäre, dass er eine alle weitere Gestaltveränderung aufhebende Spannung mit sich bringt.

2) Bei Ausschluss der Gestaltveränderung (S. 82) bleibt nach den Versuchsergebnissen kein Ausweg, als sich vorzustellen, dass eine leichte Verminderung des eigenthümlichen Widerstandes der Muskelsubstanz die Zusammenziehung begleite.

Die Frage nach der Ursache dieser Erscheinung lässt du Bois unerörtert und weist nur den Gedanken zurück, dass es sich hier um ein Phänomen handele, welches sich aus der Verdichtung der Muskelsubstanz, wie sie, wenn auch in sehr geringem Grade, bei jeder Construction auftritt, erklären lasse. Dieser Annahme steht, ausserdem dass es noch nicht thatsächlich ausgemacht ist, dass die Zusammendrückung der feuchten Leiter überhaupt einen Einfluss auf ihren Widerstand äussere, noch die theoretische Betrachtung entgegen, die es äusserst unwahrscheinlich macht, dass, wenn überhaupt die Verdichtung der Elektrolyte von Einfluss auf ihren Leitungswiderstand sein sollte, dieser in einer Verbesserung des Leitungsvermögens bestehen könnte, da Faraday bekanntlich nachgewiesen hat, dass die Elektrolyte beim Uebergang in den festen Zustand sich in Nichtleiter verwandeln.

Die von Helmholtz bestimmte Erwärmung des Muskels muss bei seiner Zusammenziehung das Leitungsvermögen desselben etwas herabsetzen, da ja der begünstigende Einfluss der Erwärmung auf den Leitungswiderstand der feuchten Leiter von Ohm auf das sicherste nachgewiesen ist. Doch wird die stattfindende Herabsetzung des Leitungswiderstandes durch den geringen Grad der stattfindenden Temperaturerhöhung, 0,1° bis 0,2° C, sicher nicht ausreichen, um das von du Bois-Reymond gesehene Phänomen zu erklären [1]), wie dies du Bois-Reymond a. a. O. selbst bespricht.

So weit reichen die mir bekannten Angaben der physiologischen Literatur. Zu ihnen kamen für mich vor dem Beginne meiner Untersuchung noch mündliche Mittheilungen des Herrn Professors E. du Bois-Reymond hinzu. Sie betreffen zwei Puncte:

1) Der Widerstand des Muskels wird durch Kochen bedeutend vermindert, ebenso der der pflanzlichen Gewebe.

2) Das Eiereiweiss verändert seinen Widerstand beim Gerinnen nicht.

---

1) du Bois-Reymond, Thierische Electricität. Bd. II. Abtheil. II. S. 354.

# ERSTER ABSCHNITT.

## Der Einfluss des Tetanus auf die chemische Zusammensetzung der Muskeln.

# Erstes Capitel.

## Der galvanische Leitungswiderstand des Muskels in seinen Beziehungen zur Muskelchemie und zur Chemie des Tetanus.

### § 1.

### Vorbesprechung.

Es ist meine Absicht, einen, ich möchte sagen, historischen Gang bei der Darstellung meiner Resultate und Versuche einzuhalten; so wie sich mir nach und nach selbst die Fragen ergaben, sie hinzustellen, und zu zeigen, welche Antworten und welche neue Aufgaben für die Forschung die angestellten Experimente mir brachten. Ich hoffe auf diese Weise am leichtesten den Leser in den Sinn der Versuche einzuführen und vielleicht einiges Interesse an denselben zu erwecken.

Darum stehen die Versuche über den galvanischen Leitungswiderstand des Muskels in seinen physiologischen Zuständen an der Spitze der Darstellung. Waren es doch diese, welche mich zu den ersten Resultaten über die Veränderung der Muskelsubstanz durch den Tetanus geführt haben, auf deren Grundlage ich weiter gebaut habe.

Herr Professor E. du Bois-Reymond hatte mich aufgefordert, seine Beobachtung über die Abnahme des Leitungswiderstandes des Muskels durch Kochen weiter zu prüfen. Dadurch wurde ich auf die Untersuchung der Muskelsubstanz hingeführt. Die ersten Beobachtungen, die ich auf eine chemische Veränderung der Muskelsubstanz durch fortgesetzte Contractionen beziehen musste, hatten sich mir schon ergeben und damit mein Entschluss, den chemischen Processen während der Muskelcontraction nachzuforschen, als meine Erstlingsuntersuchung, die ich das Glück hatte, unter der sorgfältigen Leitung der Herren Professoren Bischoff, Pettenkofer und Voit anstellen zu können, zum Druck kam. Meinen Gedanken, sie in dem Sinne einer Chemie des Muskeltetanus zu verwerthen, drückte ich in dem für dieselbe von mir gewählten Titel aus: »Kohlenstoff- und Stickstoffaus-

scheidung des ruhenden Menschen«. Nur diese Beobachtungen haben nicht die Stellung in der Darlegung der Untersuchung, welche sie der Zeit nach einnehmen sollten.

Gehen wir sogleich in die Mitte der Sache.

## § 2.

### Methode der Bestimmung des galvanischen Leitungswiderstandes.

Die Methode, welcher ich mich zur Messung des Widerstandes bediente, war die dem Principe nach von Wheatstone angegebene, welche Wiedemann beschreibt [1]).

Es kamen hiebei folgende Apparate zur Anwendung:

1) Der Nervenmultiplicator, welcher jedoch nur in halber Länge und mit einer Nebenschliessung von Neusilberdraht benutzt wurde, wie dies durch die von Sauerwald seinen Multiplicatoren in neuerer Zeit beigegebenen Commutatoren ermöglicht ist.

2) Ein Rheochord, welches nur aus einem feinen dicht über eine mit einer Scala versehene Leiste gespannten Platindraht bestand.

Die Scala betrug 150 CM. und gestattete noch 0,1 CM. mit Sicherheit abzulesen. Der Rheochorddraht war an beiden Enden je mit zwei Klemmschrauben verbunden. Auf dem Drahte konnte nach Kirchhoff's Angabe ein hölzerner durch Ausgiessen mit Blei beschwerter Schieber verschoben werden, dessen Kopf mit einer Kupferplatte versehen war, welche an ihrem untern Rande, mit dem der Schieber auf dem Rheochorddrahte stand, eine Platinkante, an dem oberen eine Klemmschraube trug.

3) Ein Siemens'scher Rheostat nach älteren preussischen Meilen Telegraphendraht getheilt.

Der Widerstand einer preussischen Meile Telegraphendraht ist nach den Angaben von Siemens und meinen Messungen = 64 Siemens'schen Widerstandseinheiten. Eine Siemens'sche Einheit ist bekanntlich 1 Mtr. Quecksilber von 1 □M.M. Querschnitt bei 0° C.

Der Rheostat erlaubte von 1—99 Meilen Telegraphendraht Widerstand einzuführen.

4) Die gewöhnliche unpolarisirbare du Bois'sche stromzuführende Vorrichtung, welche wohl isolirt in einer feuchten Kammer stand.

---

1) Galvanismus Bd. I. S. 164 ff.

5) Der benutzte Strom wurde durch ein Daniell'sches Element erzeugt.

Die Drahtleitungen, welche die im Vorstehenden genannten Apparate unter einander verbanden, waren folgende:

1) Der eine Pol des Elementes war mit der einen Klemmschraube des einen Endes des Rheochordes, der andere Pol mit der einen Schraube des anderen Endes verbunden.

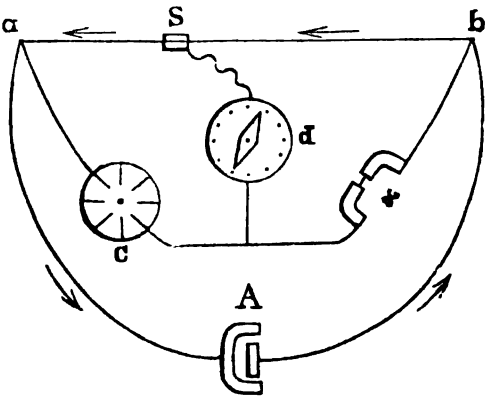
2) Von dem einen Ende des Rheochordes führte mittelst der zweiten noch unbenutzten Klemmschraube ausserdem eine Leitung zu dem Siemens'schen Rheostaten; auf gleiche Weise von dem anderen Ende zu der stromzuführenden Vorrichtung.

3) Zwischen dem Siemens'schen Rheostaten und der stromzuführenden Vorrichtung bestand noch eine Verbindung durch zwei Drähte, welche sich in einer freistehenden Klemmschraube vereinigten.

4) Von der eben erwähnten Klemmschraube führte noch überdies eine Leitung zu dem einen Ende des Multiplicators, das andere Ende desselben verband ein Draht mit der Klemmschraube des obenbeschriebenen Rheochordschiebers.

Alle Leitungsdrähte waren frisch umsponnen und wohl isolirt. Es wurde besondere Sorgfalt darauf verwendet, dieselben, ohne dass sie sich oder den Boden berührten, durch Luft zu führen. Die Durchtrittsstellen der Leitungsdrähte durch den Boden der feuchten Kammer zu der stromzuführenden Vorrichtung waren im Holze durch Glas, aussen durch Kautschuk wohl isolirt.

Beistehende schematische Zeichnung wird den Ueberblick erleichtern.



Die Bezeichnung derselben ist folgende:

1. A Daniell mit der Leitung zum Rheochord.

2. a b das Rheochord.

3. c der Rheostat mit seinen Verbindungsdrähten und dem Schieber S.

4. x die stromzuführende Vorrichtung mit dem Körper, dessen Widerstand gemessen werden soll, und den Leitungsdrähten.

5. d die Brücke mit dem Multiplicator.

Die Verhältnisse leuchten auf den ersten Blick ein: wir haben ein einfaches Wheatstone'sches Stromnetz vor uns.

Der Schieber S der schematischen Figur erlaubt es, die Verbindungsstelle der beiden Hauptstromarme sowohl rechts als links nach Willkür auf jede Stelle des Drahtes zu verlegen. Die Länge der auf diese Weise abgeschnittenen Drahtstücke kann an der Scala direct abgelesen werden.

Jeder Strom in der Brücke wird durch Bewegung der Multiplicatornadel angezeigt.

Um einigen theoretischen Bedenken gegen die angewendete Methode gerecht zu werden, muss ich, trotzdem dass ich eine allgemeine Bekanntschaft mit derselben voraussetze, einiger Hauptsätze über das Verhältniss einer Stromverzweigung wie die vorliegende wenigstens Erwähnung thun.

Denken wir uns den Schieber auf irgend einem beliebigen Puncte des Drahtes fixirt und die Widerstände in den einzelnen Abschnitten der Leitung, in

$$A = W_A$$
$$a = W_a$$
$$b = W_b$$
$$c = W_c$$
$$x = W_x$$
$$d = W_d$$

so wird, wie sich dies direct aus den Kirchhoff'schen Formeln ergiebt, der Strom in der Brücke um so intensiver werden, je grösser die Differenz

$$W_c \cdot W_b - W_x \cdot W_a$$

je kleiner der Widerstand der Brücke $W_d$ und je kleiner der Widerstand $W_A$ ist [1].

1) Wiedemann, Galvanismus, Bd. I. S. 134 ff.

Soll der Strom in der Brücke verschwinden, so muss

$$W_c \cdot W_b - W_x \cdot W_a = 0$$

sein, d. h.:

$$W_c \cdot W_b = W_x \cdot W_a$$

oder:

$$W_a : W_b = W_c : W_x.$$

Dadurch, dass wir im Stande sind, durch die Verstellung des Schiebers dem Verhältnisse $W_a : W_b$ jeden beliebigen Werth zu ertheilen, werden wir stets im Stande sein, den Strom in der Brücke $= 0$ zu machen.

Wir haben dann zur Bestimmung des gesuchten Widerstandes die Gleichung mit einer Unbekannten;

$$\frac{W_c}{W_x} = \frac{a}{b}$$

$$W_x = \frac{b}{a} \cdot W_c$$

$\frac{b}{a}$ ist das Verhältniss der abgeschnittenen Längen des Rheochorddrahtes, $W_c$ der bekannte Widerstand des zum Vergleich dienenden Rheostaten.

Bei dieser Rechnung vernachlässigen wir den Widerstand der Drahtleitung, welche den Rheostaten mit dem untersuchten Körper und dem Rheochorde verbindet. Da der Draht, welcher zur Verbindung diente, möglichst dick und kurz genommen wurde, so war schon a priori wahrscheinlich, dass diese Vernachlässigung unbedenklich geschehen dürfte, da der Widerstand der in Frage kommenden Leitung gegen die enorm grossen Widerstände, um welche es sich in der vorliegenden Untersuchung nun handelt, gewiss als verschwindend angenommen werden dürfte.

Abgesehen von diesem Bedenken sprangen noch zwei Einwürfe gegen die Methode sogleich in die Augen, die beseitigt sein mussten, ehe ich entscheiden konnte, inwieweit die angegebene Vorrichtung als Messapparat ihrem Zwecke entsprach.

Erstens fragte es sich, abgesehen von der schon erwähnten Vernachlässigung des Widerstandes der Drahtleitungen zwischen Rheostaten und untersuchtem Körper, ob der Widerstand der Brücke mit dem eingeschalteten halben Multiplicator und der Neusilbernebenschliessung,

die nöthig war, um die allzugrosse Empfindlichkeit der Magnetnadeln etwas abzuschwächen, nicht vielleicht für den angestrebten Zweck zu gross sei. Die theoretische Betrachtung erfordert ja, wie schon oben angegeben, für die Brücke, um die grösstmögliche Empfindlichkeit der Methode zu erzielen, den möglichst kleinen Widerstand. Der in unserer Vorrichtung bestehende Brückenwiderstand war sicher nicht klein. Es fragte sich, ob dieses Moment nicht störend sich geltend machen würde.

Zweitens war a priori auch darüber keine Entscheidung möglich, ob die bei den bestehenden Verhältnissen einem Daniell entsprechende Intensität des Hauptstromes für unseren Zweck, der theoretisch die grösstmögliche Intensität verlangt, ausreichen würde.

Nur durch praktische Prüfung der Methode konnte über diese Fragen Aufschluss erhalten werden.

Der zum Zwecke dieser Prüfung angestellte Versuch mag als Schema für die im Künftigen zu besprechenden Versuche dienen. Um mich bei der Beschreibung der folgenden Untersuchungen möglichst kurz fassen zu können, werde ich an dieser Stelle den Verlauf der angestellten Widerstandsmessung eingehend besprechen.

### Vorversuch.

#### Bestimmung des Widerstandes des du Bois-Reymond'schen Rheochordes.

In die Abtheilung x — siehe das Schema — unserer Vorrichtung wurde das du Bois-Reymond'sche Rheochord eingeschaltet.

Als Vergleichswiderstand dienten 9 Meilen Telegraphendraht von der ganzen Länge des Rheostaten, der es, wie gesagt, erlaubte, 99 Meilen Widerstand einzuführen.

Die Nadel machte äusserst heftige Bewegungen, kam aber zur Ruhe, als der Schieber auf 15,7 CM. der Scala des oben beschriebenen einfachen Rheochordes stand.

Da der Anfang der Scala von der Brücke aus auf derselben Seite liegt, auf welcher der zu messende Widerstand eingeschaltet ist, so giebt der Scalenpunct, auf welchem der Schieber steht, wenn der Multiplicator keinen Strom in der Brücke mehr anzeigt, die Länge b in unserer schematischen Zeichnung direct an.

Die Differenz zwischen dieser Länge und 150 CM., der ganzen Länge des Rheochordes, ist dann gleich der Länge a.

$W_c$ ist in dem speciellen Falle = 9 Meilen Telegraphendraht.

Wir haben demnach nach unserer Formel:

$$W_x = \frac{b}{a} \cdot W_c$$

$$W_x = \frac{15,7}{134,3} \cdot 9 =$$

1,03 Meile Telegraphendraht als Widerstand des du Bois-Reymond'schen Rheochordes.

Die Einrichtung des eingeschalteten Vergleichswiderstandes erlaubte, dies Resultat zu controliren. Schaltet man nämlich eine andere als die obige Anzahl von Meilen Telegraphendrahtes als Vergleichswiderstand ein, so musste der Schieber des Rheochordes ebenfalls eine veränderte Stellung einnehmen, um den Strom in der Brücke verschwinden zu lassen. Das Resultat durfte jedoch dadurch nicht geändert werden.

Zu diesem Zwecke wurden 5 Meilen Telegraphendraht als Vergleichswiderstand eingeschaltet.

Die Nadel kam zur Ruhe als der Schieber auf 25,9 CM. stand.

Wir haben demnach:

$$W_x = \frac{25,9}{124,1} \cdot 5 =$$

1,04 Meile Telegraphendraht.

Das Resultat stimmt.

Als dritter Versuch wurde nur eine Meile Telegraphendraht benutzt. Es war:

$$W_x = \frac{76,2}{73,8} = 1,03 \text{ Meile.}$$

---

Die Resultate stimmen auf das Vollkommenste unter einander überein. Wir sehen, dass die Vorrichtung ihrem Zwecke in ganzer Ausdehnung entspricht, und dass sich die theoretisch aufgeworfenen Bedenken als beseitigt ansehen lassen. Schon bei einem verhältnissmässig so kleinen Widerstand wie der hier gemessene, der gegen die Widerstände, die in der Folge gemessen werden sollen, als verschwindend angesehen werden darf, kann der Widerstand der Drahtleitung zwischen

den Apparaten vernachlässigt werden. Auch das theoretische Bedenken gegen die Empfindlichkeit der Methode, wegen des verhältnissmässig grossen Brückenwiderstandes und der kleinen Intensität des primären Stromes hat sich als ungegründet für die praktische Ausführung der Messung herausgestellt.

Nach Beseitigung der angeführten theoretischen Schwierigkeiten war es nöthig, die Art, auf welche der Strom am besten durch den zu untersuchenden Körper geleitet werden könnte, einer näheren Betrachtung zu unterwerfen.

Es war von vornherein klar, dass nur die du Bois-Reymond'schen unpolarisirbaren Elektroden von gesättigter schwefelsaurer Zinkvitriollösung mit verquicktem Zinke in Anwendung gebracht werden konnten. Am einfachsten erschien der Gebrauch der Thonstiefelelelektroden, wie sie zur Anbringung des reizenden Stromes bei elektrischen Reizversuchen, bei denen es auf Vermeidung aller Polarisation ankommt, von du Bois-Reymond eingeführt worden.

Es stellte sich jedoch heraus, dass der Widerstand solcher Thonstiefelelelektroden, obwohl jedenfalls um vieles geringer als die von Pflüger angewendeten unpolarisirbaren Elektroden, doch noch so bedeutend ist, dass sie für den vorliegenden Zweck nicht in Anwendung gezogen werden dürfen, da ihr Widerstand so gross und unter Umständen grösser ist, als der des untersuchten Körpers.

Ich lasse hier einige directe Widerstandsmessungen der Thonstiefelelektroden folgen, die, wie ich glaube, darum nicht ganz unbeachtet bleiben dürfen, weil bei mit ihnen angestellten Versuchen wohl nicht überall die durch sie erzeugte Stromschwächung ganz unberücksichtigt bleiben darf.

Widerstand der Thonstiefelelektroden:

1. Paar feucht: 105 Meilen T.D.
2. Paar aus etwas trockenem Thon: 112 Meilen T.D.

Breite nach demselben Principe construirte Elektroden, die aus einem oben offenen Glaskästchen bestanden, mit einem Boden aus einem dünnen gebrannten Thonblättchen zeigten einen viel geringeren Widerstand, beide zusammen 7 Meilen. Derselbe blieb jedoch aus nicht weiter erforschten Gründen nicht constant, sie mussten deshalb ebenfalls als nicht zweckentsprechend für diese Versuche verworfen werden.

Es blieb schliesslich keine Wahl, als die gewöhnliche den Strom zuführende Vorrichtung in Anwendung zu bringen, deren Widerstand 0,7 Meilen beträgt.

Zu diesem Zwecke wurden auf die Papierbäusche noch kleinere Hülfsbäusche, die du Bois-Reymond unter dem Namen »dreiseitige prismatische Hülfsbäusche« in seinem Werke über thierische Elektricität beschreibt, aufgesetzt [1]. Die obere scharfe Kante wurde mit Thonblättchen von gleichbleibender Dicke belegt. Derartige gleichdicke und gleichgrosse Thonblättchen sind auf eine einfache Weise so darzustellen, dass man den Thon in ein kleines Blechrähmchen von entsprechender Höhe und Grösse platt einstreicht. Der Widerstand bleibt sich bei dieser Anordnung fast absolut gleich; er beträgt im Mittel 11 Meilen, eine Zahl, welche bei allen folgenden Berechnungen zu Grunde gelegt werden wird.

Du Bois-Reymond bediente sich bei seinen Widerstandsbestimmungen des lebenden Muskels des Gastrocnemius des Frosches, dessen Eigenstrom er dadurch beseitigte, dass er die beiden Gastrocnemien desselben Thieres in entgegengesetzter Richtung, so dass sich die von beiden Muskeln herrührenden Ströme, unter Voraussetzung eines gleichen Zustandes ihrer parelektronomischen Schichten gegenseitig compensiren mussten, dem Strome aussetzte. Der Gastrocnemius war bei seinen Versuchen trotz seines Eigenstromes der einzige anwendbare, da es auf ein Präparat ankam, das man, während man es auf seinen Widerstand untersuchte, zugleich vom Nerven aus in Tetanus versetzen konnte; eine Möglichkeit, die das Nervenmuskelpräparat in der einfachsten Weise gestattete.

Da in meinen Versuchen dieser Grund wegfiel, bediente ich mich der Adductorengruppe des Froschoberschenkels, die, da sie aus längsgefaserten Muskeln besteht, auf dem natürlichen Längsschnitte mit vom Aequator gleich weit entfernten Puncten aufgelegt keinen Strom entwickelt.

Das Präparat wurde in der Weise angefertigt, dass an dem unteren Ende die Knochen des Kniegelenkes, an dem oberen ein Theil der Beckenknochen mit den entsprechenden Sehnen erhalten wurde Der Semitendinosus [2]) wurde regelmässig aus dem angewendeten Muskel-

1) Bd. II. Abth. II. S. 68. Taf. I.

2) du Bois-Reymond, Abh. über secund. Widerstand. S. 893.

präparate entfernt, da seine feinen Sehnen besonders bei höherer Temperatur die für die Untersuchung nöthige Spannung nicht auszuhalten im Stande sind, und darum ausreissen.

Wir haben oben aus den Untersuchungen du Bois-Reymond's gesehen, dass Gestaltveränderungen des Muskels nicht ohne Einfluss auf seinen galvanischen Widerstand sind. Es müssten diese darum so viel als möglich ausgeschlossen werden. Zu diesem Zwecke bot sich die von du Bois-Reymond angewendete Muskelklemme [1]) als das einfachste entsprechende Mittel dar.

Die Muskelklemme besteht aus zwei Armen, von denen der eine an dem einen Ende eines Glasstabes befestigt ist. Der andere Arm lässt sich frei auf dem Stabe verschieben und kann an jedem Puncte desselben durch eine Schraube festgestellt werden. Die Arme sind in ihrem unteren Theile aus Messing, oben aus Elfenbein. Letzteres ist glatt und dünn und trägt in der Mitte von oben her einen ziemlich tiefen schmalen Ausschnitt zur Aufnahme der Endknochen des Präparates. Es leuchtet ein, auf welche Weise man einem in diese Klemme eingespannten Muskel jeden beliebigen Grad von Spannung ertheilen könne.

Da in den folgenden Versuchen stets der Fall eintrat, dass das auf seinen Widerstand untersuchte Präparat von den Elektroden weggenommen und, nachdem es verschiedenen Proceduren unterworfen war, ganz in der alten Weise wieder aufgelegt werden musste, so war es nöthig eine Vorrichtung anzuwenden, welche es gestattete, das Präparat beliebig aufzulegen und den Punct des erstmaligen Auflegens auf die Zuleitungsbäusche stets auf eine einfache Weise sicher wieder aufzufinden.

Ich wendete zu diesem Zwecke ein auf einem feststehenden Glasstabe verschiebbares Lager aus Kork für die Muskelklemme an. Das Lager war so eingerichtet, dass auf der Mitte der Platte ein sorgfältig rechtwinkelig geschnittenes viereckiges Korkstück aufsass, von solcher Grösse, dass es, wenn das Muskelpräparat eingespannt war, zwischen die beiden Klemmenarme hineinpasste. Wurde einer der rechten Winkel, welche die Klemmenarme mit ihrem Glasstabe bilden, an den einen rechten Winkel des Korkklotzes angedrückt, so war die so fixirte Stellung, auch wenn das Präparat abgehoben worden war, nach Bedürfniss leicht und sicher in der ersten Weise wieder aufzufinden.

1) a. a. O. Bd. II. S. 77. 131 ff.

Nach dem Erwärmen wurde das Erkalten des untersuchten Muskels im feuchten Raume vorgenommen.

Nach Beschreibung der zu den Versuchen verwendeten Apparate und Vorrichtungen kann ich nun zu der Besprechung der Versuche selbst übergehen. Ich bemerke hier, dass ich aus einer grossen Reihe von Versuchen nur die herausnehme, welche mir besonders instructiv erscheinen. Die angeführten Versuche sollen nur als Beispiele dienen, in welcher Weise sich die zu besprechenden Verhältnisse praktisch gestalten.

## § 3.

## Versuche.

### Erste Reihe.

**Leitungswiderstand des lebenden und todten Muskels.**

a) Ueber die Abnahme des Leitungswiderstandes der gekochten gegenüber den lebenden Muskeln.

Es musste mich zuerst beschäftigen, das Resultat du Bois-Reymond's, dass die Muskelsubstanz ihren Widerstand beim Kochen vermindere, nochmals zu constatiren. Folgende Tabellen mögen zeigen, in welcher Weise diese Verminderung stattfinde.

Hier und in den meisten folgenden Versuchen wurden Muskeln eines eben getödteten Frosches zur Untersuchung verwendet.

Die Temperatur, bei welcher diese und die folgenden Versuche angestellt wurden, schwankte zwischen 12°—17° C.

In folgenden Tabellen sind die Versuchsresultate zusammengestellt:

**Tabelle I.**

| Zeit. | Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand der Zuleitungsgefässe in Meil. T.D. | Länge b* in C.M. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a* | Berechneter Widerstand in Meil. T.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 h 40′ | Adduct. Gruppe des Frosches 1. frisch | 99 | 11 | 54,5 | 95,5 | 56,5—11 = 45,5 |
| 4 h 55′ | 2. 2,5′ in Wasser gekocht bei 100° C. | | | | | |
| —57,5′ | | | | | | |
| 5 h 30′ | | — | — | 46,0 | 104,0 | 43,7—11 = 32,7 |

*) S. die schematische Zeichnung.

Der Widerstand des Muskels hat durch das Kochen abgenommen. Der Widerstand des frischen lebenden Muskels = 100 gesetzt, so verhält sich der Widerstand des lebenden Muskels zu dem des todten, wie

100 : 71.

**Tabelle II.**

| Zeit. | Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand der Zuleitungsgefässe in Meil. T.D. | Länge b in C.M. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a | Berechneter Widerstand in Meil. T.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 h 50 — 10 h. 10 h 40. | Adduct. Gruppe des Frosches. 1. frisch. 2. 1′ in Wasser von 100° C. gekocht. | 99 | 11 | 52,5 | 97,5 | 53,3—11 = 42,3 |
| | | — | — | 45,5 | 104,5 | 42,1—11 = 31,1 |

Auch in diesem Versuche hat der Widerstand des gekochten gegen den des lebenden Muskels abgenommen und zwar ist das obige Verhältniss hier:

100 : 73.

Das Verhältniss ist hier in beiden Versuchen fast gleich. Ich werde in der Folge noch Gelegenheit haben, zu zeigen, dass dies Verhältniss unter normalen Bedingungen wirklich ein fast constantes ist.

Der specifische Widerstand des lebenden Muskels wird durch Kochen um mehr als ¼ seines anfänglichen Werthes vermindert.

Bei der Complicirtheit der Veränderungen, welche der Muskel bei dem Kochen erleidet, scheint es a priori fast unmöglich, nur mit annähernder Sicherheit anzugeben, welcher von diesen Veränderungen oder welcher Combination derselben er die Verbesserung seines Leitungsvermögens verdanke.

Neben der Gerinnung der Eiweisssubstanzen ist es besonders geringerer Wasser- und Salzreichthum, welcher das gekochte von dem frischen Fleische unterscheidet. Ein Theil seines Muskeleiweisses, der Extractivstoffe, der Salze, des Wassers geht in die Fleischbrühe über.

Das Fleisch contrahirt sich stark, so dass es nach dem Kochen ein kleineres Volumen als vor demselben einnimmt. Um diese letztere Veränderung auf das mögliche Minimum zu beschränken, waren die untersuchten Muskeln in die beschriebene Klemme gespannt.

Es ist allgemein bekannt, worauf besonders Liebig hingewiesen, dass frisches Fleisch, welches, wie es bei den vorstehenden Versuchen geschah, direct in Wasser von der Temperatur von 100° C. getaucht wird, nur sehr wenig Stoffe an dasselbe abgiebt. Es fiel mir auf, dass dies bei den untersuchten, gespannten Muskeln in höherem Grade stattzufinden schien. Das Wasser, in welchem solche Muskeln nur wenige Minuten gekocht hatten, zeigte alle Eigenschaften der Fleischbrühe.

Folgende Beobachtung erklärt dies. Besichtigt man einen Muskel, während man ihn in Wasserdampf in der Muskelklemme ausgespannt erhitzt, so bemerkt man, dass er alsbald anfängt sich mit Tropfen einer trüben, opalescirenden Flüssigkeit zu beschlagen, welche sich stets mehrt und endlich abfliesst. Der Muskel zieht sich hiebei augenscheinlich auf ein kleineres Volum zusammen. Die Tendenz des auf 100° C. erhitzten Muskelgewebes, sich zu contrahiren, ist so bedeutend, dass, wenn dies, wie hier, durch die Fixation der Endpuncte in der Längsrichtung gehindert ist, der Muskel also dieselbe Länge beibehalten muss, er infolge einer trotzdem stattfindenden Contraction einen Theil seiner Flüssigkeit auspresst.

Es ist für die Mehrzahl der bisher besprochenen Veränderungen des lebenden Muskels, durch ein Erhitzen auf 100° C. herbeigeführt, nicht schwer einzusehen, dass sie nicht zu einer Verminderung, sondern nur zu einer Vermehrung seines galvanischen Leitungswiderstandes führen können.

Für einige andere Puncte hatte ich eine experimentelle Entscheidung zu suchen.

Du Bois hat nachgewiesen, und meine Versuche bestätigen seine Beobachtung, dass das Eiereiweiss bei seiner Gerinnung seinen Leitungswiderstand nicht ändere. Wir haben keinen Grund, anzunehmen, dass dies Verhältniss bei anderen Eiweissubstanzen ein anderes sei. Das Gerinnen des Eiweisses kann demnach nicht den Grund der Widerstandsverminderung abgeben. Als Beispiel diene folgender Versuch.

**Tabelle III.**

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand der Zuleitungs-Gefässe in Meilen T.D. | Länge b in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a | Berechneter Widerstand in Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|
| Eierweiss frisch in einem Glasröhrchen mit Pfropfen aus gekautem und in Eiweiss getränktem Papier verschlossen. | 50 | Die einfachen Bäusche mit Thonblättchen zwischen welche das Röhrchen geklemmt wurde 1,4 | 40 | 110 | 18,1—1,4 = 16,7 |
| Auf 100° C. erwärmt 5', erkaltet | — | — | 41 | 109 | 18,9—1,4 = 17,5 |

Die scheinbare geringe Vermehrung des Widerstandes fällt in die Fehlergrenzen der Untersuchung.

Auch eine directe Einwirkung der hohen Temperatur auf das elastische Gewebe bedingt keine Widerstandsveränderung desselben. Um dies direct zu untersuchen, wurde ein Stück Gewebe des Ligamentum nuchae des Ochsen wie sonst die Muskeln in der Muskelklemme ausgespannt. Das Ligamentum nuchae besteht fast vollkommen aus elastischem Gewebe. Das directe Versuchsergebniss ist folgendes:

**Tabelle IV.**

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand der Elektroden | Länge b in CM. Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a | Berechneter Widerstand in Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|
| Ligamentum nuchae des Ochsen frisch, eine halbe Stunde nach dem Tode | 99 | 11 | 68,7 | 81,3 | 83,6—11 = 72,6 |
| 2' lang auf 100° C. erhitzt in mit Wass. D. gesättigter Atmosphäre, erkaltet *) | — | — | 65,0 | 85 | 75,6—11 = 64,6 |

*) Sowohl das Erhitzen als das nachherige Erkalten auf die Anfangstemperatur wurde auch hier in mit Wasserdampf gesättigtem Raume vorgenommen.

Die geringe Abnahme fällt wohl noch in die Fehlergrenzen.

Auch das Bindegewebe als solches scheint durch Erwärmen auf 100° C. seinen Widerstand nicht zu verändern; folgende Tabelle spricht dafür:

**Tabelle V.**

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand der Elektroden in Meilen T.D. | Länge b in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a | Berechneter Widerstand in Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|
| Knorpel vom Kalb frisch eine halbe Stunde nach dem Tode | 99 | 11 | 26,1 | 123,9 | 20,8—11 = 9,8 |
| 5′ auf 100° C. erhitzt | — | — | 27,2 | 122,8 | 21,9—11 = 10,9 |

Die geringfügige Zunahme in diesem Versuche ist nur eine scheinbare; der Unterschied der Resultate fällt in die Versuchsfehler.

Das Sehnengewebe zeigt wie das elastische Gewebe eine geringfügige Verminderung des Widerstandes nach dem Erhitzen auf 100° C.

Da alle die möglicherweise in Anwendung zu ziehenden Gewebe mit Ernährungsflüssigkeit von derselben Zusammensetzung wie der Muskel durchtränkt sind und wir alle Ursache haben, wie wir in der Folge sehen werden, anzunehmen, dass der Herd der Widerstandsveränderung gerade in dieser gelegen sei, so kann diese Erscheinung uns nicht verwundern, doch ist es deutlich, dass die Verminderung des Leitungswiderstandes, wenn sie nicht in die Fehlergrenzen fällt, bei den besprochenen Geweben jedenfalls doch eine bei weitem unbedeutendere ist, als bei dem Muskel.

Während sich das Erhitzen der hauptsächlichsten Muskelsubstanzen als solcher ohne Einfluss auf ihr Leitungsvermögen zeigt, bedingen die übrigen Veränderungen des Gesammtmuskels, die wir im Vorigen besprochen, sicher keine Verminderung desselben.

Schon Eingangs haben wir die Beobachtung du Bois-Reymond's besprochen, dass die Gestaltveränderung, welche bei der Contraction des Muskels stattfindet, das Leitungsvermögen desselben nicht verbessern, sondern nur herabsetzen kann. Dasselbe muss a priori der

Fall sein bei jeder Volumsverminderung, wie wir sie in unseren Versuchen stattfinden sehen [1]).

Da das Leitungsvermögen des Muskelgewebes wie das aller thierischen Gewebe auf der dieselben durchtränkenden Flüssigkeit und ihrem Salzgehalte beruht, da ja die thierischen Stoffe als solche Nichtleiter sind, so muss auch jede Verminderung dieser Flüssigkeitsmenge — Salzlösung — das Leitungsvermögen vermindern.

Auch Wasserabgabe an der Oberfläche des Muskels, von der man vielleicht annehmen könnte, dass sie durch Concentration der leitenden Flüssigkeit den Leitungswiderstand herabsetzen möchte, wirkt nach directen Versuchen in entgegengesetzter Richtung. Es leuchtet dies auch sogleich als ein Postulat ein, wenn man bedenkt, dass durch die Vertrocknung der Muskelsubstanz an der Oberfläche der grösste Theil derselben, analog den oben von der menschlichen Oberhaut erwähnten Verhältnissen, in nichtleitenden Zustand übergeführt werden muss.

In folgender Tabelle ist beispielsweise ein entsprechender Versuch beschrieben.

**Tabelle VI.**

| Zeit. | Beobachtungs-Object und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen | Widerstand d. Elektroden T.D. | Länge b in CM. aus je 5 Versuchen. | Länge a Mittel | Berechneter Widerstand in Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 h — 11 h 15′ | Adductoren-Gruppe des Frosches frisch | 99 | 11 | 38,5 | 111,5 | 34,2—11 = 23,2 |
| 11 h 15′ — 15,5′ | der Muskel in Quecksilber von 100° C. gekocht, | | | | | |
| 11 h 25′ | erkaltet | — | — | 50 | 100 | 49,5—11 = 38,5 |

Der Muskel wurde ½ Minute in Quecksilber von 100° C. erhitzt. Es trat ein lebhaftes Aufwallen des Quecksilbers ein durch Wasserabgabe des Muskels in Dampfform. Der Muskel hatte sich in seiner Form sehr wenig geändert, äusserlich war er etwas getrocknet. Nach

1) du Bois-Reymond. thierische Elektricität. Bd. II. Abth. I. S. 79.

weiterem Erhitzen, 1′ lang, wurde der Widerstand unmessbar: 139,0 CM. = b.

Trotzdem dass wir die Erwärmung auf einen Theil der Muskelsubstanzen einflusslos in Beziehung auf den Widerstand sehen, trotzdem dass wir erkennen, dass die in die Augen springendsten Veränderungen des Gesammtmuskels nur mit einer Vermehrung des Widerstandes verbunden sein können, sehen wir doch eine Verminderung desselben unter den besprochenen Umständen eintreten.

Wir werden zu der Annahme gedrängt, dass neben diesen eine Vermehrung des Widerstandes erzeugenden Momenten ein oder mehrere andere noch unberücksichtigte existiren, welche nicht nur den vorstehenden das Gleichgewicht zu halten, sondern diese auch noch zu überwiegen im Stande sind, so dass das Endresultat aller in verschiedener Richtung wirkender Einflüsse sich schliesslich als eine Verbesserung des Leitungsvermögens herausstellt.

Die zweite Abtheilung meiner Untersuchung wird vielleicht im Stande sein, das obwaltende Dunkel zu erhellen [1]).

### b) Verhältniss des Widerstandes des lebenden zu dem des todtenstarren Muskels.

Die Todtenstarre der Muskeln wurde in den im Folgenden mitzutheilenden Versuchen auf zweierlei Methoden hergestellt: einmal durch Erwärmen desselben auf 45° C. 5 Minuten lang entweder in Wasser, in Quecksilber oder in Wasserdampf. Der Muskel wurde hiebei frisch in das Medium der betreffenden Temperatur gebracht. Die Abkühlung auf die Anfangstemperatur wurde in der feuchten, mit Wasserdampf gesättigten Kammer vorgenommen. Eine andere Reihe von Versuchen wurde so vorgenommen, dass das Todtenstarrwerden des Muskels der Zeit — 24 Stunden — überlassen blieb. Auch während dieser Zeit hing der Muskel in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre, so dass er kein Wasser verdunsten konnte. Die Reaction des Muskels wurde nach dem Versuche sorgfältig geprüft. Ich lasse hier sogleich als Beispiele einige Versuche folgen.

---

1) Ueber die Widerstandsverminderung pflanzlicher Gewebe beim Kochen siehe unten den Anhang.

**Tabelle VII.**

Drei Versuche, in denen die Todtenstarre durch 5′ langes Erwärmen in Wasser auf 45° C. herbeigeführt wurde.

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand d. Elektroden in Meilen T.D. | Länge b in CM. Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a | Berechneter Widerstand in Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|
| Adductoren-Gruppe des Frosches | | | | | |
| 1. frisch | 99 | 11 | 52,7 | 97,3 | 54,6—11 = 43,6 |
| 2. auf 45° C. erwärmt | — | — | 33,2 | 116,8 | 28,2—11 = 17,2 |
| 1. frisch | 99 | 11 | 75 | 75 | 99—11 = 88 |
| 2. auf 45° C. erwärmt | — | — | 43 | 107 | 40—11 = 29 |
| 1. frisch | 99 | 11 | 58 | 92 | 62,4—11 = 51,4 |
| 2. auf 45° C. erwärmt | — | — | 32 | 118 | 26,5—11 = 15,5 |

Setzen wir den Widerstand des lebenden Muskels = 100, so verhält sich dieser zu dem Widerstande des todtenstarren Muskels nach den drei angeführten Versuchen:

1) 43,6 : 17,2 = 100 : 39
2) 88,0 : 29,0 = 100 : 33
3) 51,4 : 15,5 = 100 : 30

Der Widerstand des lebenden Muskels wäre danach etwa dreimal grösser als der des todtenstarren.

In folgender Tabelle stelle ich Versuche zusammen, bei denen die Todtenstarre durch 24stündiges Liegen im feuchten Raume eingetreten war.

**Tabelle VIII.**

Drei Versuche, in denen die Todtenstarre durch 24stündiges Liegen im feuchten Raume eingetreten war.

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand d. Elektroden in Meilen T.D. | Länge b in CM. Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a in CM. Mittel aus je 5 Versuchen. | Berechneter Widerstand nach Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|
| Adductoren-Gruppe des Frosches | | | | | |
| 1. frisch | 99 | 11 | 69,2 | 80,8 | 84,7—11 = 73,7 |
| 2. todtenstarr | — | — | 45,0 | 105 | 42,4—11 = 31,4 |
| 1. frisch | 99 | 11 | 66,5 | 83,5 | 77,8—11 = 66,8 |
| 2. todtenstarr | — | — | 38,0 | 112 | 33,6—11 = 22,6 |
| 1. frisch | 99 | 11 | 58 | 92 | 71,3—11 = 60,3 |
| 2. todtenstarr | — | — | 31,0 | 119 | 25,8—11 = 14,8 |

In den drei Versuchen der vorstehenden Tabelle verhält sich der Widerstand des lebenden zu dem des todten Muskels, ersterer gleich 100 gesetzt:

1) 73,7 : 31,4 = 100 : 42
2) 66,8 : 22,6 = 100 : 34
3) 50,3 : 14,8 = 100 : 30

Auch in diesen Versuchen ist demnach der Widerstand des lebenden Muskels etwa dreimal grösser als der des todtenstarren.

Die angeführten Beispiele mögen genügen, um die beobachteten Verhältnisse anschaulich zu machen. —

Wir müssen die Frage aufwerfen nach dem Grunde dieser auffallenden Erscheinung.

Die erste Frage, die nach der mitgetheilten Erfahrung zu stellen ist, ist die, ob diese Abnahme des Leitungswiderstandes mit dem Aufhören des Lebens etwa eine allen thierischen Geweben zukommende Eigenschaft sei, oder ob sie sich allein bei dem Muskel finde.

Da vom Frosche nicht wohl ein anderes Gewebe sich zu Widerstandsbestimmungen eignet, so benutzte ich zu den zur Entscheidung nöthigen Untersuchungen, wie schon oben, Gewebestücke von Säugethieren — Rind und Kaninchen. — In folgender Tabelle finden sich die Versuchsresultate zusammengestellt.

**Tabelle IX.**

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen | Widerstand der Elektroden T.D. | Länge b in CM. Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a |
|---|---|---|---|---|
| Nerve vom Rind, frisch 15′ nach dem Tode | 99 | 11 | 66,9 | 83,1 |
| 5′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 67,0 | 83,0 |
| Ischiadicus vom lebenden Kaninchen Nr. I. | 99 | 11 | 114,3 | 35,7 |
| 5′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 114,5 | 35,5 |
| Ischiadicus vom lebenden Kaninchen Nr. II. | 99 | 11 | 131,6 | 18,4 |
| 5′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 131,9 | 18,1 |
| 5′ lang auf 100° C. erhitzt!! | — | — | 132,0 | 18,0 |
| Ischiadicus vom lebenden Kaninchen Nr. III. | 99 | 11 | 132,0 | 18,0 |
| todt, durch 5stündiges Liegen im feuchten Raum | — | — | 132,0 | 18,0 |
| Sehne vom Rind, frisch (noch warm) | 99 | 11 | 56,2 | 93,8 |
| 5′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 56,8 | 93,2 |
| Rippenknorpel vom Rinde, noch warm | 99 | 11 | 35,0 | 115,0 |
| 5′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 37,9 | 112,1 |
| Ligamentum nuchae vom Rind, noch warm | 99 | 11 | 64,7 | 85,3 |
| 5′ lang auf 45° C. erwärmt | — | - | 63,0 | 86,0 |

Vorstehende Versuchsreihe, die nur Beispiele aus einer grösseren Anzahl angestellter Messungen giebt, mag genügen, um zu zeigen, dass bei den übrigen thierischen Geweben das Absterben vollkommen ohne nachweisbaren Einfluss auf den Leitungswiderstand bleibt. Die meisten Messungen stehen mir für die Nerven zu Gebote stets mit gleichbleibendem Resultate.

Wir werden dadurch zu der Annahme geführt, dass die bei dem Absterben des Muskels beobachtete Abnahme des Leitungswiderstandes eine den Muskel vor den übrigen thierischen Geweben auszeichnende Eigenschaft sei.

Die Frage nach der Ursache dieser Erscheinung scheint nach der vorstehenden Erfahrung an Einfachheit zu gewinnen. Wir werden sie in einem Processe zu suchen haben, der das Absterben des Muskels begleitet, bei dem Absterben der übrigen Gewebe aber nicht oder nur in sehr viel geringerem Grade [1]) auftritt.

Auf den ersten Blick bieten sich hier die eigenthümlichen chemischen Veränderungen dar, welche bei dem Absterben des Muskels auftreten und schliesslich ihren vorläufigen Höhepunct in der Todtenstarre und in der Veränderung der Reaction des Muskels finden.

Es wird die Frage aufgeworfen werden müssen, ob die in dem Muskel bei seinem Absterben auftretende Säure vielleicht die Ursache für die Widerstandsverminderung abgeben könnte. Es war nöthig, um darüber eine sichere Entscheidung treffen zu können, diese Frage direct durch Versuche zu beantworten.

Ich benutzte zu diesem Zwecke ¾ % Kochsalzlösungen, die ich mit einem Minimum von verschiedenen Säuren versetzte und vor und nachher auf ihren galvanischen Widerstand prüfte.

Ich bediente mich zu diesem Zwecke an beiden Seiten offener Glasröhren von

5,7 CM. Länge und
1,3 CM. Querdurchmesser [2]).

Die beiden offenen Enden waren mit möglichst dünnen Pfröpfen

1) Ich erinnere hier an Funke's Untersuchungen über das Sauerwerden der Nerven.

2) Die Zahlen sind nicht vollkommen genau, da die einzelnen Röhrchen etwas differirten und die Thonpfröpfe nicht genau gleich dick waren. Die mit ihrer Hülfe gewonnenen Widerstandswerthe haben als absolute Bestimmungen keinen Werth.

aus demselben Thone verschlossen wie ich ihn zur Bedeckung der unpolarisirbaren Elektroden und als Stiefel der Thonstiefelelektroden benutzte, getränkt ebenfalls mit ¾ % Kochsalzlösung.

Oben sass dem Röhrchen ein feiner Trichter auf, der es erlaubte, die Röhrchen, nachdem sie an den Seiten durch den Thon verschlossen waren, mit der zu prüfenden Flüssigkeit zu füllen und auch nachher noch die in ihrer Wirkung zu untersuchende Säure einzutropfen.

In folgender Tabelle stelle ich einige erhaltene Werthe zusammen.

Die in concentrirtem Zustande mit einer äusserst feinen Pipette eingetropften Säuren sind: Milchsäure, Essigsäure, Salzsäure und Schwefelsäure. Die Reaction der Salzlösung nach dem Säurezusatz war auf Lackmus ungefähr die des todtenstarren Froschmuskels.

**Tabelle X.**

Widerstandsbestimmungen von Kochsalzlösungen und Bestimmung des Einflusses von minimalen zugesetzten Säuremengen auf diesen Widerstand.

| Versuchsobject und seine Veränderungen. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Länge b in CM. Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a | Berechneter Widerstand in Meilen T.D. | |
|---|---|---|---|---|---|
| ¾ % Kochsalzlösung | 50 | 54,5 | 95,5 | 28,5 | 100 : 76 |
| + 1 Tröpfchen Milchsäure | — | 49,5 | 100,5 | 24,6 | |
| + 1 Tröpfchen Milchsäure | — | 45,8 | 104,2 | 21,9 | |
| ¾ % Kochsalzlösung | 50 | 55,8 | 94,2 | 29,8 | 100 : 75 |
| + 1 Tröpfchen Milchsäure | — | 50,5 | 99,5 | 26,8 | |
| + 1 Tröpfchen Milchsäure | — | 46,5 | 103,5 | 22,4 | |
| ¾ % Kochsalzlösung | 50 | 55,0 | 95 | 28,9 | 100 : 89 |
| + 2 Tröpfchen Essigsäure | — | 52,6 | 97,4 | 25,9 | |
| ¾ % Kochsalzlösung | 50 | 58,2 | 91,8 | 31,6 | 100 : 84 |
| + 2 Tröpfchen Essigsäure | — | 50,5 | 99,5 | 26,8 | |
| ¾ % Kochsalzlösung | 50 | 51,0 | 99,0 | 25,7 | 100 : 72 |
| + 1 Tröpfchen Salzsäure | — | 38,0 | 112,0 | 18,7 | |
| ¾ % Kochsalzlösung | 50 | 55,0 | 95,0 | 28,9 | 100 : 41 |
| + 1 Tröpfchen Schwefelsäure | — | 29,0 | 121,0 | 12,0 | |

Wir sehen nach den im Vorstehenden mitgetheilten Resultaten in dem Leitungsvermögen der ¾ % Kochsalzlösung nach dem Zusatz der minimalen Säuremengen eine nicht unbedeutende Erhöhung eintreten.

Es ist sicher, dass dieselbe Widerstandsverminderung, wie sie in diesen Versuchen stattfindet, auch bei einem Sauerwerden anderer Flüssigkeiten, z. B. der Muskelflüssigkeit stattfinden wird.

Der saure Muskel muss wegen des Auftretens der Säure, die übrigen Bedingungen — Wasser- und Salzgehalt — gleichgesetzt, besser leiten als der nicht saure.

Bedenkt man noch, dass das Auftreten der Säure nur ein Theil der in der Todtenstarre neu eintretenden Stoffanordnung ist, dass Hand in Hand mit diesem noch weitere Stoffzersetzungen in dem den Einflüssen des Lebens entzogenen Muskel stattfinden, deren Producte nach dem Sistiren des Blutkreislaufs sich in ihm anhäufen müssen; bedenkt man, dass alle diese Zersetzungsproducte schlecht oder gar nicht leitender Substanzen ziemlich gute Leiter sind, die sich in ihrem Leitungsvermögen den anorganischen Salzen direct anschliessen, so verliert die Verminderung des Leitungswiderstandes des todten Muskels gegenüber dem lebenden das Geheimnissvolle: das Factum wird zu einem Postulate unserer Vernunft:

Die Verbesserung des Leitungsvermögens des Muskels, welche dessen Absterben begleitet, beruht auf der Anhäufung von gutleitenden Zersetzungsproducten schlecht oder nicht leitender Substanzen.

Dasselbe Verhältniss findet sicher bei dem Kochen der Muskeln statt. Auch hier bilden sich Zersetzungsproducte, die besser leiten als die Stoffe, aus denen sie entstanden; für ihre Anwesenheit bürgt die Veränderung der Reaction, welche der Muskel beim Kochen erleidet. Der Umstand, dass der Muskel durch das Kochen weniger an Leitungswiderstand abnimmt als durch ein langsames Absterben, spricht nicht direct dafür, dass sich bei dem Kochen weniger leitende Substanzen bilden, als in dem anderen Falle.

Wir haben schon oben gesehen, dass die Verminderung des Leitungswiderstandes des gekochten Muskels ein Resultat mehrerer sich in ihren Wirkungen entgegengesetzt verhaltender Einflüsse auf denselben sei. Contraction, Verminderung des Volumens, Abgabe von leitender Flüssigkeit werden sein Leitungsvermögen herabsetzen, die Bildung

neuer gutleitender Substanzen es erhöhen müssen. Wir sehen im concreten Falle den letzteren Einfluss in seinen Wirkungen überwiegen; doch ist selbstverständlich seine sichtbar werdende Wirkung geschwächt, durch die in entgegengesetzter Richtung thätigen Momente. Wir müssen erwarten, dass der todtenstarre Muskel durch Kochen an Leitungsvermögen verliert. Eine Reihe von directen Versuchen bestätigt diese Annahme. Das Verhältniss:

100 : 40

wie ich es für den lebenden und todtenstarren Froschmuskel im Durchschnitt gefunden habe, hebt sich nach dem Kochen auf:

100 : 70

dasselbe Verhältniss, wie es bei directem Kochen des frischen Muskels sich findet.

Zwei Versuche mögen genügen die hier obwaltenden Verhältnisse klar zu machen.

**Tabelle XI.**

**Zunahme des Leitungswiderstandes des todtenstarren Muskels durch Kochen.**

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand der Elektroden T.D. | Länge b in CM. Mittel aus 5 Versuchen. | Länge a | Berechneter Widerstand in Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|
| Nr. I. Adductoren-Gruppe vom Frosch frisch | 99 | 11 | 52,7 | 97,3 | 54,6<br>— 11,0<br>= 43,6 Meilen |
| todtenstarr durch 5′ langes Erwärmen im Wasser auf 45° C. | 99 | 11 | 33,2 | 116,8 | 28,2<br>— 11,0<br>= 17,2 Meilen |
| auf 100° C. im Wasser erhitzt 2′ lang | 99 | 11 | 44,1 | 105,9 | 41,0<br>— 11,0<br>= 30,0! Meilen |

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen | Widerstand der Elektroden T.D. | Länge b in CM. aus 5 Versuchen. | Länge a Mittel | Berechneter Widerstand in Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|
| Nr. II. Adductoren-Gruppe vom Frosch frisch | 99 | 11 | 69,2 | 80,8. | 84,7<br>— 11,0<br>= 73,7 Meilen |
| todtenstarr durch 24stündiges Liegen im feuchten Raum | 99 | 11 | 45,0 | 105,0 | 42,4<br>— 11,0<br>= 31,4 Meilen |
| auf 100° C. im Wasser erhitzt 2′ lang | 99 | 11 | 57,5 | 92,5 | 61,5<br>— 11,0<br>= 50,5! Meilen |

Die Widerstandsverhältnisse sind danach folgende:

| | Nr. I. | Nr. II. |
|---|---|---|
| Widerstand des frischen Muskels . . . . . | 43,6 | 73,7 |
| ,, ,, todtenstarren Muskels . . | 17,2 | 31,4 |
| ,, ,, gekochten Muskels . . . | 30,0 | 50,5 |

Setzen wir wie oben den Widerstand des lebenden Muskels = 1 und vergleichen wir die beiden anderen Widerstände mit ihm, so erhalten wir für die beiden Versuche:

| | frisch : | todtenstarr : | gekocht : |
|---|---|---|---|
| Nr. I. | 1 : | 0,40 : | 0,7 |
| Nr. II. | 1 : | 0,42 : | 0,7 |

Die Zunahme ist deutlich genug.

Alle die im Vorstehenden mitgetheilten Versuche am Muskel und ihre Resultate beziehen sich auf den Froschmuskel. Ich werde in den folgenden Seiten zeigen, dass die gefundenen Resultate auch für die Säugethiere mutatis mutandis ihre Geltung behalten.

### c) Absolute Messungen des galvanischen Leitungswiderstandes des lebenden und todten Muskels.

Die Hauptschwierigkeit, welche sich bisher absoluten Messungen des Widerstandes der thierischen Gewebe entgegensetzte, war die, dass

es nur äusserst schwer und unvollkommen gelingt, diesen Stoffen eine genau stereometrisch definirbare Gestalt zu ertheilen.

Matteucci versuchte bei seinen oben schon besprochenen vergleichenden Untersuchungen über den Leitungswiderstand der thierischen Gewebe, aus Muskel, Rückenmark und Gehirn Stückchen von gleichen Dimensionen mit dem Ischiadicus des Kaninchens, dessen Gewebe er zur Untersuchung benützte, herzustellen. Dass dies nur äusserst unvollkommen gelingen konnte, liegt auf der Hand. Er verzichtet aus diesem Grunde auf absolute Zahlenangaben.

Auch die ingeniöse Methode, welcher sich C. Eckhard bediente, gab nur vergleichende Resultate.

Ich bediente mich zu den im Folgenden mitzutheilenden Versuchen einer sehr einfachen und naheliegenden Methode, die es gestattete, nicht nur dem untersuchten Gewebe eine mathematisch bestimmbare Gestalt zu geben, sondern auch auf die leichteste Weise verschiedene Gewebe in die gleiche Form zu bringen, so dass die durch Messung der Dimensionen nothwendig erzeugten Fehler auf diesem Wege ausgeschlossen wurden.

Die Elasticität der thierischen Gewebe gestattet es, sie in ein genügend dickes Röhrchen so einzuziehen, dass dasselbe vollkommen ausgefüllt wird. Durch einen scharfen Schnitt können die Endflächen genau parallel mit der beiderseitigen Oeffnung des Röhrchens hergestellt werden. Wir erlangen auf diese Weise, wenn das Messröhrchen selbst nur genau in den Dimensionen seines Lumens bestimmbar ist, die eingezogenen zu untersuchenden Substanzen in einer Form, welche die Anwendung der Ohm'schen Formel zur Berechnung ihres Widerstandes anzuwenden erlaubt.

Ich benützte zu meinen Bestimmungen ein Glasröhrchen, welches an beiden Enden abgeschliffen war und dessen Dimensionen nach einer Anzahl von sorgfältigen übereinstimmenden Messungen:

Längendurchmesser = 20 MM.
Querdurchmesser = 6,4 „

betrugen.

Da ich Grund hatte anzunehmen, dass die Widerstandsverminderung, welche durch das Absterben der Muskeln hervorgebracht wird, bei dem Frosche grösser ist, als bei den Säugethieren, wofür vor allem die stärkere saure Reaction des todten Froschmuskels gegenüber dem

todten Säugethiermuskel zu sprechen scheint, abgesehen von der Temperaturverminderung, so benützte ich zu den folgenden absoluten Messungen Muskeln eines eben durch einen Nackenschlag getödteten Kaninchens. Diese Todesart wurde darum gewählt, weil aller Blutverlust vermieden werden sollte.

Zur Untersuchung dienten auch hier die längsfasrigen Muskeln der Adductorengruppe; für die Bestimmungen am lebenden Muskel die des einen, für die des todten die des anderen Hinterschenkels desselben Thieres. Noch zuckend wurden erstere in das Messröhrchen eingezogen.

Um zu zeigen, wie weit die gefundenen Resultate Vertrauen verdienen, theile ich im Folgenden ein vollständiges Versuchsprotocoll mit. Dass trotz aller angewendeten Vorsicht die Resultate doch weit hinter den Widerstandsmessungen der Metalle zurückstehen, liegt in der Natur der Sache. Jede in der Tabelle aufgeführte Bestimmung wurde an einem frischen Muskelstücke vorgenommen.

**Tabelle XII.**

Absolute Widerstandsbestimmung des Kaninchenmuskels.

| Versuchsobject. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand der Elektroden in Meilen T.D. | Länge b in CM. | Länge a in CM. | Berechneter Widerstand nach Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|
| Muskel frisch | 99 | 1,1 | 35,5 | 114,5 | Im Mittel beträgt der Widerstand: |
| | | | 35,0 | 115,0 | |
| | | | 32,5 | 117,5 | |
| | | | 32,0 | 118,0 | 31,7 Meilen |
| | | | 35,0 | 115,0 | — 1,1 „ |
| | Im | Mittel = | 34,0 | 116,0 | = **30,6** Meilen |
| Muskel todt nach 24stündigem Liegen, sauer | 99 | 1,6 | 24,3 | 125,7 | Im Mittel beträgt der Widerstand: |
| | | | 24,0 | 126,0 | |
| | | | 25,0 | 125,0 | |
| | | | 23,4 | 126,6 | 18,8 Meilen |
| | | | 23,5 | 126,5 | — 1,6 „ |
| | Im | Mittel = | 24,0 | 126,0 | = **17,2** Meilen |
| Rückenmark frisch um das Röhrchen zu füllen doppelt zusammengelegt | 99 | 1,1 | 24,0 | 108,0 | Im Mittel: 38,5 — 1,1 = **37,4** |

Die Länge der untersuchten Gewebstücke betrug, wie schon oben angegeben: 0,02 Mtr. Der Durchmesser des Querschnittes: 0,0064 Mtr. Der Querschnitt demnach: 32,17 □MM.

Berechnet man diese Längen- und Querschnittsverhältnisse auf das Normalmaass 1 Mtr. Länge und 1 □MM. Querschnitt, so ergiebt sich für den lebenden Muskel der Widerstand = 49220 Meilen T.D.

Da 1 preussische Meile Telegraphendraht nach den Angaben von Siemens und meinen directen Bestimmungen an einem nach Siemens'schen Einheiten graduirten Rheostaten aus der Siemens-Halske'schen Anstalt gleich ist

64 Siemens'schen Einheiten
1 S.E. = reines Quecksilber
von 1 Mtr. Länge und 1 □MM. Querschnitt bei 0° C.

so berechnet sich der Widerstand des lebenden Muskels danach auf:

3150080 S.E.,

d. h. der lebende Muskel leitet drei Millionen mal schlechter als Quecksilber, und mit Zugrundelegung der Pouillet'schen Zahlen [1]), nach denen das Quecksilber 38,38 mal schlechter als Kupfer leitet, ungefähr 115 Millionen mal schlechter als Kupfer.

Der todte Muskel, dessen Widerstand nach vorstehender Tabelle sich zu dem des lebenden wie 56 : 100 verhält, leitet danach etwa:

1,68 Millionen mal schlechter als Quecksilber und:
64,4 Millionen mal schlechter als Kupfer.

Neben diesen Bestimmungen des Muskelwiderstandes giebt vorstehende Tabelle noch eine Bestimmung des Widerstandes des Rückenmarkes.

Der Widerstand desselben verhält sich zu dem Widerstande des todten Muskels wie 2,1 : 1, dasselbe Verhältniss, welches C. Eckhard in seinen Untersuchungen fand.

Das Verhältniss des Widerstandes zu dem des lebenden Muskels ist hingegen: 1 : 1,2

Wir sind berechtigt, daraus zu schliessen, dass der von C. Eckhard ausgesprochene Satz [2]):

„Sehne, Knorpel und Nerve bieten keine erheblichen Differenzen in ihrem Leitungswiderstande"

1) Wiedemann, Galvanismus. Bd. I. S. 180.
2) a. a. O. S. 69.

dahin zu erweitern ist: der galvanische Leitungswiderstand der verschiedenen lebenden thierischen Gewebe zeigt nur sehr geringe Verschiedenheiten, natürlich mit Ausschluss der Oberhaut.

Aus 10 Widerstandsbestimmungen des lebenden Froschmuskels ergiebt sich im Verhältnisse zu dem lebenden Kaninchenmuskel ein etwas bedeutenderer Widerstand.

Während nach der angeführten Tabelle der Widerstand des untersuchten noch warmen Muskelstückes vom Säugethiere 30,6 Meilen beträgt, ergiebt sich für ein Muskelstück von derselben Grösse vom Frosch:

42,4 Meilen.

Die Widerstände verhalten sich wie 1 : 1,39.

Den Grund für diese Erscheinung suche ich einestheils in der geringeren Temperatur des Froschmuskels, anderentheils in der geringeren Concentration der in dem Froschmuskel enthaltenen Flüssigkeit[1]).

Folgende Tabelle stellt 10 Messungen, an 5 Fröschen angestellt, zusammen. Je zwei aufeinander folgende Versuche sind an ein und demselben Frosche angestellt.

**Tabelle XIII.**

Absolute Widerstandsbestimmungen des lebenden Froschmuskels.

| Versuchsobject. | Vergleichs-Widerstand in Meilen | Widerstand d. Elektroden T.D. | Länge b in CM. | Länge a in CM. | Berechneter Widerstand nach Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|
| Adductor vom lebenden Frosch Nr. 1. | 99 | 1,3 | 48,0 | 102,0 | Im Mittel aus allen 10 Versuchen beträgt der Widerstand: 43,7 — 1,3 = 42,4 Meilen T.D. |
| | » | » | 41,5 | 108,5 | |
| Nr. 2. | 99 | 1,3 | 49,0 | 101,0 | |
| | » | » | 48,5 | 101,5 | |
| Nr. 3. | 99 | 1,3 | 47,6 | 102,4 | |
| | » | » | 43,0 | 107,0 | |
| Nr. 4. | 99 | 1,3 | 48,0 | 102,0 | |
| | » | » | 44,7 | 105,3 | |
| Nr. 5. | 99 | 1,3 | 43,0 | 107,0 | |
| | » | » | 47,0 | 103,0 | |
| | | Im Mittel = | 46,0 | 104,0 | |

1) Siehe S. 13.

## Versuche.

### Zweite Reihe.

**Leitungswiderstand des geruhten und tetanisirten Muskels.**

Die Erkenntniss des letzten Grundes, auf welchem die Abnahme des Leitungswiderstandes des Muskels bei seinem Absterben beruht, ist es, was für die Fortsetzung der vorliegenden Untersuchung von hervorragender Bedeutung ist:

Die Grösse des Leitungswiderstandes des Muskels steht in einer einfachen Relation zu der Menge der in ihm angehäuften Zersetzungsproducte seiner eigenen Substanz.

Im Lichte dieser Erfahrung gewinnt die Entdeckung du Bois-Reymond's, die wir schon in der Einleitung besprochen haben [1], dass die Contraction des Muskels von einer Verminderung des eigenthümlichen Widerstandes der Muskelsubstanz begleitet sei, eine weitertragende Bedeutung.

Schon dort wurde darauf hingewiesen, dass du Bois-Reymond den Gedanken an einen rein physikalischen Grund dieser Erscheinung zurückgewiesen habe. Auch die von Helmholtz beobachtete Erwärmung des Muskels bei seiner Zusammenziehung, die in ihrem letzten Grunde auf chemischen Ursachen beruht, reicht nicht aus, das du Bois'sche Phänomen zu erklären, von dessen constantem Auftreten ich mich durch eine Reihe eigener Untersuchungen überzeugte.

Das von du Bois-Reymond entdeckte Erscheinen von Säure im Muskel bei seiner Contraction reicht hingegen im Zusammenhalt mit unseren bisher gewonnenen Erfahrungen vollkommen hin, eine genügende Erklärung für das besprochene Factum abzugeben:

Das von du Bois-Reymond entdeckte Phänomen der Verminderung des specifischen Leitungswiderstandes des Muskels bei seiner Zusammenziehung erklärt sich vollkommen aus der von demselben Forscher entdeckten Thatsache des Sauerwerdens des Muskels beim Tetanus. Es unterliegt keinem Zweifel, dass wir die Veränderung des Leitungswiderstandes hier wie bei unseren vorstehenden Untersuchungen auf eine Anhäufung gutleitender Zersetzungsproducte der Muskelsubstanz zu beziehen haben.

1 Siehe S. 15.

Es wird uns auf diese Weise die Bestimmung des galvanischen Leitungswiderstandes ein Handgriff der physiologischen Chemie, welcher uns das auf anderem Wege von der Wissenschaft gewonnene Resultat, dass bei dem Tetanus eine Anhäufung von Muskelzersetzungsproducten stattfinde, neu bestätigt.

Es ist von selbst einleuchtend, dass sich die Wissenschaft von nun an dieser Methode bedienen könne, um zu entscheiden, ob gewisse Vorgänge in den Geweben des thierischen, und wie der Anhang zu diesem Capitel ausweisen wird, auch des pflanzlichen Organismus mit Anhäufung von gutleitenden Zersetzungsproducten verknüpft seien oder nicht, eine Bestimmung, der auf chemischem Wege in manchen Fällen unübersteigliche Hindernisse im Wege stehen. —

Wenden wir uns zu der uns direct beschäftigenden Frage: nach der Abnahme des Leitungswiderstandes des Muskels herbeigeführt durch sein Absterben zurück, so wird es uns nach den eben angestellten Betrachtungen klar, dass ein anhaltender dem Todtenstarrwerden vorausgegangener Tetanus nicht ohne eine entschiedene Einwirkung auf die Grösse des fraglichen Phänomens bleiben könne, da ja der Tetanus und das Absterben den Muskel nach den bisher gewonnenen Thatsachen in analoger Richtung beeinflussen. Finden wir einen Einfluss des Tetanus, entsprechend unseren bisherigen Anschauungen, so werden wir dies als eine Probe auf die Richtigkeit derselben ansprechen dürfen.

Der Versuchsplan, dem wir uns im Folgenden anzuschliessen haben, ist demnach der, die Leitungswiderstandsabnahme durch das Absterben vorher tetanisirter Muskeln mit derselben Erscheinung bei vorher geruhten zu vergleichen.

Es boten sich zu dieser Untersuchung zwei Arten des Tetanus dar, die in der kürzesten Zeit das Maximum der möglichen Leistungen des Muskels erreichen; als erste Art: die jedem Experimentalphysiologen bekannten ideopathischen Allgemeinkrämpfe, die als hauptsächlichstes Symptom jene Seuche begleiten, welche nach der Beschreibung du Bois-Reymond's [1]) im Winter die aufbewahrten Fische befällt. Die Krämpfe haben sehr viel Aehnlichkeit mit Strychnintetanus und erschöpfen die Leistungsfähigkeit der Muskeln ziemlich vollständig. Nicht erst nach dem Tetanus, sondern auch schon ehe die Krampf-

1) a. a. O. Bd. II. Abth. I. S. 169 ff., und Bd. I. S. 452.

anfälle eingetreten sind, reagiren die Muskeln der kranken Frösche sauer. Diese Form des Tetanus bot sich gleichsam zufällig ungesucht dar und die Störung in den Resultaten, die ich anfänglich in Folge derselben erlitt, ohne den Grund sogleich zu erkennen, waren es, denen ich die Anregung zu der im Folgenden mitzutheilenden Untersuchung über die Veränderung der Muskelsubstanz durch den Tetanus verdanke, indem ich beschloss, den theoretisch erkannten Vorgang auch experimentell zu verfolgen. Der Umstand, dass die hier in Frage kommenden Muskeln eine sauere Reaction zeigen, giebt hinlänglich zu erkennen, dass es sich bei dem besprochenen Krankheitszustande um eine Anhäufung von Zersetzungsproducten im Muskel handelt, die wegen gestörter Circulation (?) nicht mehr wie im normalen Zustande weggeschafft zu werden vermögen.

Die zweite zum Experimente benutzte Krampfform war der Tetanus nach Strychnin-Vergiftung; elektrischer Tetanus, der die Leistungsfähigkeit der Muskeln oft erst nach mehreren Stunden erschöpft, wurde nicht angewendet, da der Einfluss der Zeit aus den Versuchen möglichst ausgeschlossen bleiben sollte. Die concentrirte Strychninlösung wurde den Fröschen in äusserst geringer Menge mit einem zugeschnittenen Federchen in eine Rückenhautwunde gebracht. Die folgenden Krämpfe waren stets sehr bedeutend, 20—36 Minuten in voller Stärke andauernd. Der Tod trat nicht in allen Fällen ein. Sehr selten kam es vor, dass schon nach wenigen Krampfanfällen Reactionslosigkeit eintrat; in solchen Fällen wurde natürlicher Weise der Erfolg des Experimentes mehrweniger beeinträchtigt.

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass während des Tetanus die Circulation fortbestand. Etwaige Veränderungen an den Eigenschaften der Muskeln in Folge der fortgesetzten Contractionen beziehen sich also nicht auf den aus dem Organismus entfernten, sondern auf den in vollkommen normalen Verhältnissen befindlichen, von den Ernährungsflüssigkeiten — Blut und Lymphe — umspülten Muskel.

Die Untersuchungsmethode, welche zu den folgenden Versuchen angewendet wurde, brachte es mit sich, dass an einem und demselben Individuum, da man nur ein zur Widerstandsbestimmung passendes Präparat von einem Frosche darstellen kann, nur ein Versuch angestellt werden konnte. Ich war dadurch gezwungen zu der umständlichen

Methode der Mittelwerthe meine Zuflucht zu nehmen. Die grössere Anzahl von Versuchen, welche dadurch nöthig wurden, bringt jedoch zum Ersatz eine Reihe von Nebenbetrachtungen, welche für die angewendete Mühe entschädigen. —

Wenden wir uns nun zu den Versuchen selbst. Ich suchte zu meinem Zwecke aus Fröschen von dem gleichen Fang möglichst gleichartige Thiere aus, von denen die einen nach vorausgegangenem Tetanus, die anderen direct als geruhte Exemplare zu dem nöthigen Präparate verarbeitet wurden. Die Todtenstarre wurde nach den beiden schon besprochenen Methoden, die vollkommen gleiche Resultate liefern, erzeugt.

In der folgenden ersten Untersuchungsreihe sind die Versuche mitgetheilt, welche an ruhenden Muskeln über die Abnahme des Leitungswiderstandes bei der Todtenstarre angestellt wurden. Die zweite Reihe bringt die Beobachtungen desselben Vorganges nach vorausgegangenem Tetanus. Alles Uebrige machen die beiden Tabellen selbst anschaulich.

**Tabelle XIV.**

Ruhender Muskel.

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Siemens'schen Einheiten. | Widerstand der Elektroden | Länge b S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a S | Berechneter Widerstand in Siemens'schen Einheiten. |
|---|---|---|---|---|---|
| Adductoren-Gruppe des Frosches. I. Wärmestarre. Nr. 1. | | | (Rheochordlänge = 200 CM.) | | |
| a frisch | 4500 | 794 | 99,3 | 100,7 | 4437,5<br>— 794,0<br>= **3643** S. E. |
| b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 74,2 | 125,8 | 2574,8<br>— 794,0<br>= **1780** S. E. |
| | 3643 : 1780 = 100 : 48 | | | | |
| Nr. 2. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 98,6 | 101,4 | 4374<br>— 794<br>= **3580** S. E. |
| b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 77,9 | 122,1 | 2870<br>— 794<br>= **2076** S. E. |
| | 3580 : 2076 = 100 : 58 | | | | |

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Siemens'schen Einheiten. | Widerstand der Elektroden in Siemens'schen Einheiten. | Länge b S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Berechneter Widerstand in Siemens'schen Einheiten. |
|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 3. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 94,2 | 105,9 | 3819<br>— 794<br>= **3034** S. E. |
| b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 57,5 | 142,5 | 1815<br>— 794<br>= **1021** S. E. |
| | 3034 : 1021 = 100 : 30 | | | | |
| Nr. 4. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 96,4 | 103,6 | 4198<br>— 794<br>= **3404** S. E. |
| b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 58,5 | 141 | 1860<br>— 794<br>= **1066** S. E. |
| | 3404 : 1066 = 100 : 31 | | | | |
| Nr. 5. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 113,5 | 86,5 | 4656<br>— 794<br>= **3862** S. E. |
| b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 74,5 | 135,5 | 2953<br>— 794<br>= **2159** S. E. |
| | 3862 : 2159 = 100 : 55 | | | | |
| Nr. 6. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 94,0 | 106,0 | 4000<br>— 794<br>= **3206** S. E. |
| b. 10′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 57,0 | 143,0 | 1800<br>— 794<br>= **1006** S. E. |
| | 3206 : 1006 = 100 : 31 | | | | |
| II. Zeitstarre. | | | (Länge des Rheochords 150 CM.) | | |
| Nr. 7. | | | | | |
| a. frisch | 6336 | 704 | 69,2 | 80,8 | 5416<br>— 704<br>= **4712** S. E. |
| b. todtenstarr 24h im feuchten Raum gelegen | — | — | 45,0 | 105 | 2713<br>— 704<br>= **2009** S. E. |
| | 4712 : 2009 = 100 : 42 | | | | |

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Siemens'schen Einheiten. | Widerstand der Elektroden in Siemens'schen Einheiten. | Länge b S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Berechneter Widerstand in Siemens'schen Einheiten. |
|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 8. | | | | | |
| a. frisch | 6336 | 704 | 66,5 | 83,5 | 4979<br>— 704<br>= **4275** S. E. |
| b. todtenstarr durch 24h Liegen | — | — | 38,0 | 112,0 | 2150<br>— 704<br>= **1446** S. E. |
| | 4275 : 1446 = 100 : 34 | | | | |
| Nr. 9. | | | | | |
| a. frisch | 6336 | 704 | 58,0 | 92,0 | 3993<br>— 704<br>= **3289** S. E. |
| b. todtenstarr durch 24h Liegen | — | — | 31,0 | 119,0 | 1651<br>— 704<br>= **947** S. E. |
| | 3289 : 947 = 100 : 28,4 | | | | |

Die Abnahme des Leitungswiderstandes in den vorstehenden Beobachtungen, die mit einer grossen weiteren Reihe analoger Versuche vollkommen übereinstimmen, stellt sich folgendermassen, den Leitungswiderstand des lebenden Muskels = 100 gesetzt:

| Versuchs-Nummer. | Muskel | | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| | lebend. | todtenstarr. | |
| 1. | 100 | 48 | Bei Nr. 1 bis Nr. 6 incl. wurde die Todtenstarre durch Erwärmen erzeugt. |
| 2. | » | 58 | |
| 3. | » | 30 | |
| 4. | » | 31 | |
| 5. | » | 55 | |
| 6. | » | 31 | |
| 7. | » | 42 | Bei Nr. 7 bis Nr. 9 wurde die Todtenstarre durch 24stünd. Liegen im feuchten Raum erzeugt. |
| 8. | » | 34 | |
| 9. | » | 28,4 | |
| | Im Mittel = **39,7** | | |

Wir beobachten, dass die Abnahme des Leitungswiderstandes bei den verschiedenen Muskeln in ziemlich weiten Grenzen schwankt, d. h.: der zersetzbare Stoff, über welchen ein geruhter Muskel — den Ersatz durch das Blut ausgeschlossen — bis zur Todtenstarre disponirt, ist in seiner Quantität bei den verschiedenen Individuen unter scheinbar gleichen Ver-

hältnissen ziemlich bedeutend verschieden; als Mittelzahl für den Procentwerth der Widerstandsabnahme ergiebt sich **39,7**. —

Wenden wir uns sogleich zur Darstellung der Resultate der Widerstandsmessungen nach dem ideopathischen und Strychnin-Tetanus. In folgender Tabelle sind die hiebei erhaltenen Zahlen zusammengestellt.

**Tabelle XV.**

Tetanisirter Muskel.

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Siemens'schen Einheiten. | Widerstand der Elektroden in Siemens'schen Einheiten. | Länge b S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Berechneter Widerstand in Siemens'schen Einheiten. |
|---|---|---|---|---|---|
| I. Strychnin-tetanus. Adductoren-Gruppe des Frosches. | | | (Rheochordlänge = 200 CM.) | | |
| Nr. 1. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 92,2 | 107,8 | 3855 — 794 = **3061** S. E. |
| b. wärmestarr 10′ lang auf 45° C. erwärmt | — | — | 86,2 | 113,8 | 3409 — 794 = **2615** S. E. |
| | 3061 : 2615 = 100 : 85 | | | | |
| Nr. 2. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 88,0 | 111,2 | 3567 — 794 = **2773** S. E. |
| b. wärmestarr | — | — | 71,4 | 128,6 | 2500 — 794 = **1706** S. E. |
| | 2773 : 1706 = 100 : 62 | | | | |
| Nr. 3. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 75,2 | 124,8 | 2711 — 794 = **1917** S. E. |
| b. wärmestarr | — | — | 56,5 | 143,5 | 1800 — 794 = **1006** S. E. |
| | 1917 : 1006 = 100 : 52 | | | | |
| Nr. 4. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 81,1 | 118,9 | 3069 — 794 = **2275** S. E. |
| b. wärmestarr | — | — | 61,5 | 138,5 | 2000 — 794 = **1206** S. E. |

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Siemens'schen Einheiten. | Widerstand der Elektroden in Siemens'schen Einheiten. | Länge b S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Länge a S in CM. im Mittel aus je 5 Versuchen. | Berechneter Widerstand in Siemens'schen Einheiten. |
|---|---|---|---|---|---|
| Nr. 5. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 69,9 | 130,1 | 2407<br>— 794<br>= **1613** S. E. |
| b. wärmestarr | — | — | 54,5 | 145,5 | 1824<br>— 794<br>= **1030** S. E. |
| | 1613 : 1030 = 100 : 63 | | | | |
| Nr. 6. | | | | | |
| a. frisch | 4500 | 794 | 69,1 | 130,9 | 2375<br>— 794<br>= **1581** S. E. |
| b. wärmestarr | — | — | 52,5 | 147,5 | 2288<br>— 794<br>= **1494** S. E. |
| | 1581 : 1494 = 100 : 94 | | | | |
| II. Ideopathischer Tetanus. | | | (Rheochordlänge = 150 CM.) | | |
| Nr. 7. | | | | | |
| a. frisch | 6336 | 704 | 65,0 | 85,0 | 4140<br>— 704<br>= **3436** S. E. |
| b. wärmestarr | — | — | 57,6 | 92,4 | 3936<br>— 704<br>= **3232** S. E. |
| | 3436 : 3232 = 100 : 76 | | | | |
| Nr. 8. | | | | | |
| a. frisch | 6336 | 704 | 52,2 | 97,8 | 3379<br>— 704<br>= **2675** S. E. |
| b. wärmestarr | — | — | 48,0 | 102,0 | 2982<br>— 704<br>= **2278** S. E. |
| | 2675 : 2287 = 100 : 85 | | | | |
| Nr. 9. | | | | | |
| a. frisch | 6336 | 704 | 60,0 | 90,0 | 4224<br>— 704<br>= **3520** S. E. |
| b. wärmestarr | — | — | 53,0 | 97,0 | 3462<br>— 704<br>= **2758** S. E. |
| | 3520 : 2758 = 100 : 78 | | | | |

Die Abnahme des Leitungswiderstandes in den vorstehenden Beobachtungen stellen sich, der Leitungswiderstand des frischen Muskels wie in der ersten Tabelle = 100 gesetzt, folgendermassen:

| Versuchs-Nummer. | Muskel | | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| | lebend. | todtenstarr. | |
| 1. | 100 | 85 | Von Nr. 1 bis Nr. 6 incl. war der Untersuchung Strychnintetanus vorhergegangen. |
| 2. | » | 62 | |
| 3. | » | 52 | |
| 4. | » | 53 | |
| 5. | » | 63 | |
| 6. | » | 94 | |
| 7. | » | 76 | Von Nr. 7 bis Nr. 9 incl. ging der Untersuchung ideopathischer Tetanus vorher. |
| 8. | » | 85 | |
| 9. | » | 78 | |
| | Im Mittel = 72 | | |

Wir beobachten in dieser Tabelle, wie bei der Zusammenstellung der ersten, dass die Abnahme des Leitungswiderstandes auch nach dem Tetanus bei den einzelnen Muskeln in ziemlich weiten Grenzen schwankt, doch ist die Leitungswiderstandsabnahme niemals eine so bedeutende wie bei dem ruhenden Muskel: das Maximum der Leitungswiderstandsabnahme des tetanisirten Muskels ist das Minimum dieser Erscheinung bei dem ruhenden, die meisten Zahlen liegen jedoch viel weiter auseinander. Im Mittel beträgt der procentische Werth des Widerstandes des Muskels nach dem Tetanus **72,0**, während sie bei dem ruhenden **39,7** betrug; von 100 Widerstandseinheiten verschwinden bei der Todtenstarre des ruhenden Muskels **60,3**, bei der des tetanisirten nur **28**. Die Widerstandsabnahme ist demnach im letzteren Falle etwa um die Hälfte geringer als im ersteren. Mit anderen Worten:

Der tetanisirte Muskel enthält weniger Stoffe, welche der Zersetzung bei der Todtenstarre unterliegen können als der ruhende Muskel. —

Fragen wir uns, wie dieses Ergebniss mit unseren schon vor dem Experimente gewonnenen Anschauungen übereinstimmt, und erinnern uns, dass das Experiment gleichsam als Probe auf die Richtigkeit dieser Anschauungen angestellt werden sollte.

Wir waren dort zu dem Schlusse gekommen, dass Tetanus und

Todtenstarre den Leitungswiderstand des Muskels in gleichem Sinne beeinflussen würden, sodass wir also eine Veränderung in der Grösse des Phänomens der Leitungswiderstandsabnahme bei der Todtenstarre vorher tetanisirter Muskeln im Vergleiche mit dem Vorgange bei vorher geruhten Muskeln erwarten mussten.

Es leuchtet ein, dass wir hierbei von einer bisher unerwiesenen Hypothese ausgingen.

Es lässt sich nämlich nur dann ein solcher, erkennbarer Einfluss des Tetanus auf den fraglichen Vorgang erwarten, wenn die Menge der sich bis zur Todtenstarre bildenden Säure im Muskel, vielleicht auch die der übrigen Zersetzungsproducte, eine für jeden einzelnen Muskel festbestimmte aus inneren Ursachen hervorgehende Grösse ist, die sich also mit etwa veränderten Versuchsbedingungen nicht gleichfalls ändert. Mit anderen Worten lautet die Hypothese:

Der Muskel besitzt in der Zeiteinheit nur eine beschränkte Menge durch die Einflüsse der Todtenstarre und des Tetanus zersetzbarer Stoffe.

Es versteht sich von selbst, dass sich dieser Satz vor Allem auf diejenigen Stoffe beziehen müsse, auf deren Zersetzung und chemischer Umgestaltung die Widerstandsabnahme bei der Todtenstarre und dem Tetanus vor Allem und hauptsächlich beruht, auf die säurebildenden Muskelstoffe. Ich werde sehr bald Gelegenheit finden, zuerst für diese Stoffe unsere eben ausgesprochene Hypothese experimentell zu erweisen. Vorläufig weist uns eine schon eruirte Thatsache darauf hin, dass wir keck diese Voraussetzung als gegründet machen dürfen, ich meine das Ergebniss, dass in Beziehung auf die Zunahme des Leitungsvermögens des Muskels zwei scheinbar so sehr verschiedene Einflüsse wie der des normalen Absterbens und der des Absterbens infolge von Temperaturerhöhung vollkommen übereinstimmende Resultate ergeben haben, wie schon die Tabellen Nr. VII. und Nr. VIII. deutlich ausweisen, ebenso alle später angestellten Versuche.

Es ist klar, die Richtigkeit unserer Hypothese vorausgesetzt, dass, wenn vor dem Absterben des Muskels schon eine theilweise Umbildung der zersetzbaren Muskelstoffe in leitungsverbessernde erfolgt ist, wie wir dies durch Tetanus erreichen können, das Phänomen der Leitungsverbesserung durch die Todtenstarre eine entsprechend nur geringere Grösse erreichen könne, als wenn wir die Todtenstarre bei vorher ge-

LANE LIBRARY. STANFORD UNIVERSITY

ruhten, noch im Vollbesitz der ganzen, normalen Menge der zersetzbaren Stoffe sich befindenden Muskeln in ihren Wirkungen beobachten.

Das Resultat unseres Experimentes bestätigt diese Anschauung vollkommen, wir sehen wirklich, dass die Leitungsverbesserung des Muskels bei dem Absterben infolge des Tetanus eine bedeutende Verringerung erfährt. —

Die Tragweite dieser neuen Erfahrung ist nicht unbedeutend. Wir sehen, dass der Tetanus — vor Allem bei der Säurebildung — aus derselben beschränkten Quelle schöpft, wie der Vorgang der sich ausbildenden Todtenstarre; dass also derselbe Vorgang der Stoffzersetzung, der während der Muskelcontraction vor sich geht, auch während der Todtenstarre mit so verschiedenem Resultate sich findet.

Noch wichtiger für den Fortgang unserer Untersuchung wird die weitere sich ergebende Thatsache werden, dass wir durch Muskelarbeit bis zur vollständigen Erschöpfung der Muskelleistungsfähigkeit niemals im Stande sind, die Quelle der möglichen Stoffzersetzungen vollkommen zu erschöpfen. Wir sehen, dass durch den Tetanus nur ein Theil der im Muskel aufgespeicherten Stoffe zersetzt werden kann, und dass erst der Vorgang der Todtenstarre alle für den Augenblick möglichen Zersetzungen einzuleiten im Stande ist. Es wird dies daraus klar, dass stets die Todtenstarre das Leitungsvermögen des Muskels noch verbessert, auch wenn die heftigsten, aufreibendsten Contractionen vorausgegangen sind.

Man kann unmöglich umhin, bei Betrachtung dieses Factums nicht anzunehmen, dass Hemmungsvorrichtungen im Muskel vorhanden seien, die es demselben während des Lebens unmöglich machen, seine absolute Leistungsfähigkeit — beruhend auf der Menge der in ihm angehäuften zersetzbaren Stoffe — gänzlich zu erschöpfen. Es wird unsere Aufgabe sein, in der Fortsetzung unserer Untersuchung diesen Hemmungsvorrichtungen nachzuspüren, mit anderen Worten, die Gründe der Ermüdung des Muskels zu erforschen.

Betrachten wir die in den letzten Tabellen zuammengestellten Resultate weiter, so ergab sich schon auf den ersten Blick, dass nicht nur bei den geruhten Muskeln, sondern auch bei den vorher tetanisirten die Grösse der Leitungswiderstandsabnahme nicht unbeträchtliche individuelle Schwankungen zeigt. Es sind dies analoge Schwankungen in beiden Fällen, zum Beweise, dass nicht nur die absolute Menge des

zersetzbaren Stoffes, sondern auch der bei der Arbeitsleistung zersetzbare Theil derselben in verschiedenen Muskeln sehr verschiedene Werthe besitzt. Obwohl der thatsächliche Zusammenhang zwischen Leistungsfähigkeit und Arbeitsleistung mit der Grösse des Phänomens der Leitungsverbesserung des Muskels durch das Absterben nicht erwiesen wurde, stehe ich doch nicht an, darauf hinzuweisen, dass die Wahrscheinlichkeit eines solchen Zusammenhanges für mich eine sehr grosse ist. Spätere Ergebnisse, welche zuerst die Wasserbestimmung in den Muskeln liefern wird, deuten direct hin auf ein bestehendes Wechselverhältniss in analogem Sinne.

Schliesslich habe ich auf einen noch nicht näher besprochenen Umstand aufmerksam zu machen, der für die Beurtheilung der zuletzt mitgetheilten Experimentalresultate von Bedeutung ist.

Die Versuche sind am lebenden, unversehrten Thiere angestellt; der Tetanus fand also statt, wie schon oben angegeben, bei normalem Fortbestand der Circulation, soweit diese nicht selbst durch die Muskelzuckungen beeinflusst wurde. Es versteht sich demnach, dass während sich Zersetzungsproducte — z. B. Säure — im Muskel bei dem Tetanus bildeten, diese neugebildeten leichtdiffundirbaren Stoffe sogleich mit den umgebenden Flüssigkeiten in Diffusionsbeziehung traten. Wir müssen annehmen, dass aus diesem Grunde wenigstens ein Theil dieser Stoffe sogleich aus dem Muskel abgeführt und dadurch verhindert wurden, bei der Verbesserung des Leitungsvermögens des Muskels mit zu concurriren. Ein anderer Theil derselben bleibt notorisch, da ja die tetanisirten Muskeln sauer reagirten, zurück. Die Verminderung der Widerstandsabnahme nach vorausgegangenem Tetanus ist demnach nur theilweise scheinbar, weil die Muskeln nach dem Tetanus schon besser leiteten als vor demselben. Würde die Diffusion mit ihren Wirkungen auszuschliessen sein, so müsste das combinirte Resultat des Tetanus und der Todtenstarre dem durch das letztere Moment allein schon erreichbaren absolut gleich sein. In Wahrheit muss es jedoch der Diffusionswirkung wegen stets hinter dem letzteren zurückbleiben. Es müssen sich in dem vorher tetanisirten Muskel nach der Todtenstarre weniger Zersetzungsproducte finden als in dem vorher geruhten. Es ist demnach die Verminderung der Leitungswiderstandsabnahme eine absolute. Der directe Beweis dafür wird in dem folgenden Capitel geliefert werden. —

## § 4.

### Resultate.

Um die Uebersicht über den Zusammenhang der Untersuchung und ihre Fortschritte zu erleichtern, beabsichtige ich am Schlusse jedes Capitels das Neugewonnene kurz zusammenzufassen.

Aus der Untersuchung, soweit sie bisher geführt wurde, ergeben sich folgende Resultate:

1. Das Absterben des Muskels ist mit einer Herabsetzung seines galvanischen Leitungswiderstandes verbunden, welche bei dem Säugethiere (Kaninchen) etwa die Hälfte, bei dem Frosche $^2/_3$ des anfänglichen Widerstandes beträgt.

Der lebende Muskel leitet etwa 3 Millionen mal schlechter als reines Quecksilber und 115 Millionen mal schlechter als Kupfer.

Der todte Muskel leitet etwa 1,68 Millionen mal schlechter als Quecksilber und 62 Millionen mal schlechter als Kupfer.

2. Diese Widerstandsabnahme bei dem Absterben beruht auf einer Anhäufung gutleitender Zersetzungsproducte schlecht- oder nichtleitender Muskelsubstanzen. Die im Muskel bei dem Absterben auftretende Säure spielt für diese Verbesserung des Leitungsvermögens die Hauptrolle.

3. Die von du Bois-Reymond entdeckte Widerstandsabnahme der Muskeln beim Kochen erklärt sich aus demselben Vorgange, ebenso die Herabsetzung des Leitungswiderstandes, welche nach der Entdeckung du Bois-Reymond's die Muskelcontraction begleitet.

4. Nach vorausgegangenen erschöpfenden Muskelcontractionen ist die Widerstandsabnahme bei dem Absterben weit geringer als bei vorher geruhten Muskeln, d. h.: die Menge des bei der Todtenstarre zersetzbaren Muskelstoffes nimmt durch vorausgehende tetanische Krämpfe bedeutend ab.

5. Die Leitungswiderstandsabnahme bei dem Absterben des Muskels, die Menge des bei der Todtenstarre zersetzbaren Stoffes unterliegt sehr bedeutenden individuellen Schwankungen,

6. ebenso die Grösse des Verlustes an zersetzbaren Stoffen, Verminderung der Leitungswiderstandsabnahme, durch den Tetanus. —

# Anhang

Schon Eingangs habe ich die Beobachtung du Bois-Reymond's angeführt, dass die pflanzlichen Gewebe wie der Muskel ihren galvanischen Leitungswiderstand durch Kochen vermindern.

Meine Versuche bestätigen dies Resultat speciell für die Kartoffel und fügen noch die negative Beobachtung bei, dass durch Erwärmen auf 45° C. und langes Liegen im feuchten Raume diese Abnahme nicht erzielt werden kann.

Die Erklärung des Phänomens bei der gekochten Kartoffel bleibt mutatis mutandis wohl dieselbe wie bei dem gekochten und todtenstarren Muskel. Die frische Kartoffel reagirt sauer.

**Tabelle XVI.**

Widerstandsabnahme der Kartoffel durch Kochen.

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand der Elektroden T.D. | Länge b in CM. | Länge a in CM. | Berechneter Widerstand in Meilen T.D. |
|---|---|---|---|---|---|
| Prisma aus Kartoffel geschnitten frisch Nr. 1. | 50 | 1,2 | 98,5 | 51,5 | Im Mittel |
| | | | 98,7 | 51,3 | 96,2 |
| | | | 97,0 | 53,0 | — 1,2 |
| | | | 99,7 | 50,3 | = **95,0** Meil. T.D. |
| | | | 99,7 | 50,3 | |
| | | Im Mittel | = 98,7 | 51,3 | |
| 20′ in Dampf gekocht. Nach 1h Abkühlen | 50 | 1,2 | 20,0 | 130,0 | 7,7 |
| | | | | | — 1,2 |
| | | | | | = **6,5** Meil. T.D. |
| Prisma aus Kartoffel geschnitten frisch Nr. 2. | 50 | 1,2 | 86,5 | 63,5 | Im Mittel |
| | | | 87,8 | 62,2 | 70,4 |
| | | | 87,2 | 62,8 | — 1,2 |
| | | | 86,5 | 63,5 | = **69,2** Meil. T.D. |
| | | | 86,7 | 63,3 | |
| | | Im Mittel | = 86,9 | 63,1 | |
| 20′ in Dampf gekocht. Nach 1h Abkühlen | 50 | 1,2 | 16,5 | 133,5 | 6,2 |
| | | | | | — 1,2 |
| | | | | | = **5,0** Meil. T.D. |

Die Abnahme des Leitungswiderstandes durch Kochen ist bei der Kartoffel demnach ein enormer. Der Widerstand der frischen Kartoffel = 1 gesetzt, so verhält sich ihr Widerstand zu der gekochten wie

Nr. I. 1 : 0,070.

Nr. II. 1 : 0,072.

In folgender Tabelle sind die negativen Resultate bei Erwärmen auf 45° C. und längerem Liegen im feuchten Raum zusammengestellt. Sie erklären sich von selbst.

**Tabelle XVII.**

**Kartoffeln auf 45° C. erwärmt.**

| Versuchsobject und sein Zustand. | Vergleichs-Widerstand in Meilen T.D. | Widerstand der Elektroden in Meilen T.D. | Länge b in CM. | Länge a in CM. |
|---|---|---|---|---|
| Nr. I. Kartoffelprisma frisch | 50 | 1,2 | 89,4<br>89,5 | 60,6<br>60,5 |
| 5′ lang in Dampf auf 45° C. erwärmt 20′ abgekühlt | 50 | 1,2 | 90,0 | 60,0 |
| Nr. II. Kartoffelprisma frisch | 50 | 1,2 | 92,5<br>93,5 | 57,5<br>56,5 |
| 5′ lang in Dampf auf 45° C. erwärmt 20′ abgekühlt | 50 | 1,2 | 93,5 | 56,5 |
| Nr. III. Kartoffelprisma frisch | 50 | 1,2 | 83,4<br>84,5 | 66,6<br>65,5 |
| 5′ lang in Dampf auf 45° C. erwärmt 20′ abgekühlt | 50 | 1,2 | 84,0 | 66,0 |
| Nach 16h die Kartoffel ist welk | 50 | 1,2 | 92,0 | 58,0 |

# Zweites Capitel.

## Der Wassergehalt des Muskels.

### § 1.

### Der Wassergehalt des ruhenden und tetanisirten Muskels.

Wir haben unsere Untersuchung in dem vorigen Capitel verlassen, mit der ziemlich sicheren Vermuthung, dass der Tetanus mit einem Stoffverlust von Seite des Muskels verbunden sei.

Es war uns diese Annahme sehr wahrscheinlich geworden, da unsere Kenntnisse von der Einwirkung des Blutes auf die in den Geweben sich bildenden Zersetzungsproducte alle darauf hinweisen, dass sich letztere nicht lange dort zu halten vermögen, ohne in das Blut aufgenommen zu werden, um von hier entweder nach weiteren Zersetzungen und Oxydationen oder direct ausgeschieden zu werden.

Die Erfahrung, dass ein bedeutender Theil alles im Muskel befindlichen zur physiologischen Zersetzung disponirten Stoffes im Tetanus zersetzt werden kann, machte es wahrscheinlich, dass wenigstens ein Theil dieser gebildeten Zersetzungsproducte sogleich durch die Wirkung der Diffusion aus dem Muskel ausgewaschen werde, dass der Muskel im Tetanus demnach stoffärmer werden müsse.

Wir brauchen uns nach dieser Auseinandersetzung der obwaltenden Verhältnisse nicht zu fürchten, wie dies Helmholtz bei seinen Untersuchungen vermuthete,[1]) dass durch das Dazwischentreten des Blutes etwaige durch den Tetanus herbeigeführte chemische Unterschiede im Muskel des lebenden Thieres sogleich wieder ausgeglichen würden.

Wir werden dies jetzt um so weniger zu fürchten haben, da wir ja schon so energische Aenderungen in der chemischen Constitution des

1) Müller's Archiv. 1845.

Muskels in dem vorausgegangenen Capitel haben kennen lernen, welche trotzdem, dass der Muskel noch den Einflüssen der Circulation ausgesetzt war — die Vergiftung geschah ja an dem unversehrt lebenden Thiere, — oder wohl gerade deswegen sich so deutlich herausstellten.

Eine solche auf Diffusion gegründete Stoffabnahme des Muskels, wie wir uns die durch das Blut vermittelte vorstellen müssen, ist nicht denkbar ohne eine Vermehrung seines Wassergehaltes. Das Blut wird dem Muskel ein entsprechendes Gewicht an Wasser zurückgeben, für das was es ihm an diffundirbarem Stoffe entzogen hat. Wir müssen darum von vorn herein den Muskel nach dem Tetanus wasserreicher erwarten, als vor demselben im Zustande der Ruhe. — Es musste diese Vermuthung geprüft werden.

Ich bediente mich auch zu dieser Untersuchung des Strychnintetanus, um deutliche Erfolge erwarten zu können. Das Verfahren bei der vergleichenden Wasserbestimmung war folgendes.

Dem zur Untersuchung verwendeten Frosch wurde durch einen Zirkelschnitt um den Oberschenkel, seiner obern Grenze so nahe als möglich, die Haut getrennt. Um den so präparirten Oberschenkel wurde ein starker nicht zu dünner Faden geschlungen und durch starkes Anziehen des Fadens die Muskeln bis auf den Knochen durchschnitten. Durch diese Manipulation wurde alle Blutung vermieden, so dass nun die abgebundene Extremität ohne einen Tropfen Blut aus dem Rumpfe zu verlieren, abgeschnitten werden konnte.

Das abgeschnittene Bein wurde sogleich durch Pressen und Streichen von dem Fuss aus zum Schenkel so weit als möglich von dem in ihm enthaltenen Blute befreit, die Muskelwunde so lange mit Filtrirpapier getrocknet, bis sich auf letzterem keine Blutspuren mehr erkennen liessen. Hierauf wurde, während sich das Bein immer noch in seiner Hautbedeckung, um möglichst alle Verdunstung zu vermeiden, befand, der obere mit anhaftendem Blutfarbestoff verunreinigte Muskeltheil des Oberschenkels mit der Schere entfernt, die Haut rasch abgezogen, der Schenkel nochmals im Ganzen mit Fliesspapier getrocknet, um ihn von aller anhaftenden Lymphe zu befreien, und ein Theil des Oberschenkelfleisches mit einer Schere abgetrennt, und sogleich in einem vorher gewogenen Uhrglasapparat verschlossen und gewogen. Die Manipulation muss sehr sorgfältig vorgenommen werden, da man sonst nie vor Täuschungen sicher sein kann; besonders könnte dazu

die anhaftende Lymphe Veranlassung geben, welche manchmal noch in ziemlicher Menge vorhanden ist, so dass sich das zum Abtrocknen verwendete Papier in ziemlicher Ausdehnung genässt zeigen kann. Auch die Entfernung des Blutes aus den Muskeln muss natürlich sehr sorgfältig geschehen; so lange sich auf dem zum Trocknen der Muskelwunde verwendeten Papier nur noch eine Spur von Blutfarbestoff zeigt, ist die Procedur des Auspressens noch nicht vollendet. Auf der anderen Seite wird jede Verzögerung des definitiven Verschlusses in den Uhrglasapparat mit einem Verlust an Wasser verbunden sein, der hier, wo es sich vielleicht um minimale Unterschiede im Wassergehalt handelt, nicht unberücksichtigt bleiben kann. Wie gross diese gefürchtete Wasserverdunstung ist, sieht man deutlich, nachdem man den Muskel in den Wiegapparat gebracht hat. Die beiden aufgeschliffenen Uhrschalen, welche durch eine Messingklemme vereinigt den Apparat bilden, beschlagen sich sogleich mit feinen Wassertröpfchen, die nach und nach zusammenfliessen und einen grösseren Tropfen bilden.

Nachdem diese Procedur vorgenommen ist, und der Muskel gewogen wurde, wird der Frosch, dessen einen Oberschenkel man schon zur Untersuchung verwendete, durch eine Hautwunde mit Strychnin vergiftet in der Weise, wie dies schon oben angegeben wurde.

Nach 30 Minuten etwa wurde auch der zweite Schenkel vom Rumpfe getrennt und in ganz gleicher Weise behandelt wie der erste, sodann ebenfalls mit aller Vorsicht ein Stück seines Oberschenkelfleisches in einem vorher tarirten Uhrglasapparat gewogen.

Das Trocknen des Fleisches wurde, indem der Muskel auf der einen Uhrschale des Apparates liegen blieb, in einem vortrefflich geheizten Wasserbad bei der Temperatur des siedenden Wassers vorgenommen. Nach zweimal 24 Stunden war in allen Fällen das Gewicht des Rückstandes constant geworden, um jedoch vor allen möglichen Fehlerquellen gesichert zu sein, wurde er noch 24 Stunden unter einer grossen Luftpumpe, welche eine Luftverdünnung bis auf zwei Linien Barometerstand nicht nur zuliess, sondern auch constant behielt, über Chlorcalcium weiter getrocknet. Das Gewicht wurde dadurch meist gar nicht weiter beeinflusst. Aus dem luftverdünnten Raum herausgenommen, wurde der trockene Fleischrückstand wieder mit der zweiten Uhrschale bedeckt, der Apparat geschlossen und gewogen.

Ich gebe alle Handgriffe bei der vorliegenden Untersuchung aus keinem anderen Grund in ganzer Ausdehnung an, nicht als ob in ihnen etwas Neues gegeben würde, sondern nur um zu zeigen, dass ich bei diesen wichtigen Bestimmungen keinerlei Vorsicht aus dem Auge gelassen habe. Aus dem gleichen Grunde werde ich die ganzen Versuchsprotokolle im Folgenden mittheilen.

## Versuche.

Vergleichende Wasserbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

### Versuch Nr. I.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Muskelfleisch = 2,9121 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5710 Gramm;
2,9121 : 0,5710 = 100 : 19,6.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,9329 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,7175 Gramm;
3,9329 : 0,7175 = 100 : 18,2.

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen beträgt = **19,6 %**.

Der Gehalt des tetanisirten Muskels an festen Stoffen beträgt = **18,2 %**.

Es ist demnach infolge des Tetanus eine Zunahme an Wasser eingetreten und zwar um **1,4 %** des feuchten Muskels.

### Versuch Nr. II.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,0764 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,6349 Gramm;
3,0764 : 0,6349 = 100 : 20,6.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,7886 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,7070 Gramm;
3,7886 : 0,7070 = 100 : 18,6.

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen beträgt = **20,6 %**.

Der Gehalt des tetanisirten an festen Stoffen = **18,6 %**.

Die Zunahme des Wassers infolge des Tetanus beträgt hier = 2,0 % des feuchten Muskels.

Versuch Nr. III.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 2,6902 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5456 Gramm;
2,6902 : 0,5456 = 100 : 20,3.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,4028 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5970 Gramm;
3,4028 : 0,5970 = 100 : 17,5

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen beträgt demnach = **20,3 %**.

Der Gehalt des tetanisirten Muskels an festen Stoffen = **17,5 %**.

Es ist demnach infolge des Tetanus eine Zunahme an Wasser eingetreten und zwar um **2,8 %** des feuchten Muskels.

Versuch Nr. IV.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 2,1650 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,4573 Gramm;
2,1650 : 0,4573 = 100 : 21,1.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 2,5547 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,4717 Gramm;
2,5547 : 0,4717 = 100 : 18,4.

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen beträgt demnach = **21,1 %**.

Der Gehalt des tetanisirten Muskels an festen Stoffen = **18,4 %**.

Es ist demnach infolge des Tetanus eine Zunahme an Wasser eingetreten und zwar um **2,7 %** des feuchten Muskels.

### Versuch Nr. V.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 2,7707 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5357 Gramm;
2,7707 : 0,5357 = 100 : 19,3.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,2271 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5848 Gramm;
3,2271 : 0,5848 = 100 : 18,1.

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen beträgt demnach = **19,3%**.

Der Gehalt des tetanisirten Muskels an festen Stoffen = **18,1%**.

Es hat demnach infolge des Tetanus eine Zunahme des Wassers, und zwar um **1,2%** des feuchten Muskels, stattgefunden.

### Versuch Nr. VI.

1. Untersuchung des geruhten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 2,7765 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,4775 Gramm;
2,7765 : 0,4775 = 100 : 17,2.

2. Untersuchung des durch Strychnin tetanisirten Muskels.

Frisches Muskelfleisch = 3,2745 Gramm,
trockene Muskelsubstanz = 0,5464 Gramm;
3,2745 : 0,5464 = 100 : 16,6.

Es hat demnach auch hier eine Zunahme an Wasser infolge des Tetanus stattgefunden, doch im Verhältniss zu den vorstehenden Resultaten nur eine geringe.

Der Gehalt des ruhenden Muskels an festen Stoffen betrug = **17,2%**.

Der Gehalt des tetanisirten = **16,6%**.

Die Zunahme an Wasser ist **0,6%** der feuchten Muskelsubstanz.

Stellen wir die gewonnenen Resultate zur besseren Uebersicht tabellarisch zusammen.

**Tabelle**

der vergleichenden Wasserbestimmungen.

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Muskels. | Gehalt an Wasser. | Gehalt an festen Stoffen. | Procentischer Unterschied der beiden Muskeln an festen Stoffen auf die feuchte Masse gerechnet. | Procentischer Unterschied der beiden Muskeln an festen Stoffen auf diese selbst gerechnet. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | geruht<br>tetanisirt | 80,4<br>81,8 | 19,6<br>18,2 | 1,4 | 7,2 |
| 2. | geruht<br>tetanisirt | 79,4<br>81,4 | 20,6<br>18,6 | 2,0 | 9,7 |
| 3. | geruht<br>tetanisirt | 79,7<br>82,5 | 20,3<br>17,5 | 2,8 | 13,8 |
| 4. | geruht<br>tetanisirt | 78,9<br>81,6 | 21,1<br>18,4 | 2,7 | 12,8 |
| 5. | geruht<br>tetanisirt | 80,7<br>81,9 | 19,3<br>18,1 | 1,2 | 6,2 |
| 6. | geruht<br>tetanisirt | 82,8<br>83,4 | 17,2<br>16,6 | 0,6 | 3,0 |
| **Im Mittel** | **geruht<br>tetanisirt** | **80,4<br>82,1** | **19,6<br>17,9** | **1,7** | **8,8** |

Wir ziehen aus den vorstehend mitgetheilten Untersuchungen den äusserst wichtigen Schluss:

Der Tetanus ist stets mit einer nicht unbedeutenden procentischen Verminderung der festen Stoffe des Muskels verbunden, mit welcher eine procentische Zunahme des Wassergehaltes correspondirt.

Die Zusammensetzung des Muskels beträgt im Mittel aus unseren Beobachtungen:

1) im geruhten Zustand: **80,4** % Wasser,
**19,6** % feste Stoffe;

2) tetanisirt . . . . : **82,1** % Wasser,
**17,9** % feste Stoffe;

d. h. während des Strychnintetanus hat das Wasser zugenommen im Verhältnisse von 1000: 1021.

## § 2.

### Einfluss des Wassergehaltes des gerubten Muskels auf den Tetanus.

Wir finden bei der Bestimmung des Wassergehaltes im Muskel dieselbe Erscheinung, der wir schon bei der Bestimmung des Leitungswiderstandes begegnet sind:

Die Einwirkung des Tetanus auf den Wassergehalt des Muskels ist individuellen Schwankungen ausgesetzt. Bei dem einen Individuum ist die Einwirkung des Tetanus eine sehr bedeutende, während er bei einem anderen viel weniger stark in seinen Wirkungen hervortritt, ohne dass wir es von vorneherein den Thieren ansehen könnten, wie bei ihnen sich der Tetanus gestalten werde. Die Thiere, die zur Untersuchung benützt wurden, waren von demselben Fang, gleich lang unter den gleichen Bedingungen zusammen aufbewahrt.

Es ist schon der Erfahrung Erwähnung gethan, dass auch die äusserlich sichtbare Erscheinung des Strychnintetanus solche individuelle Schwankungen zu erkennen giebt. Während eine Anzahl Frösche 20—36 Minuten lang in den heftigsten tetanischen Zuckungen verharren, werden andere schon nach einer geringen Anzahl unterbrochener Krampfanfälle nach wenigen Minuten reactionslos auf Hautreize.

Es war versäumt worden, bei den Bestimmungen des Leitungswiderstandes ein näheres Augenmerk auf den Zusammenhang dieser geringeren Leistung mit etwaigen geringeren Veränderungen der Muskelsubstanz zu richten. Bei den vergleichenden Wasserbestimmungen wurde dies Versäumniss nachgeholt.

Bei Versuch Nr. V und VI findet sich in dem Versuchsprotokolle bemerkt: sehr schwacher Tetanus. Und infolge dieses schwachen Tetanus, infolge der geringeren Leistung der Muskeln sehen wir auch eine geringere Wasserzunahme in dem Muskel vertreten. Während im Maximum der procentische Verlust 13,8 % der festen Stoffe beträgt, beträgt er in den beiden angeführten Fällen nur 6,2 % und 3,0 %. Das Ergebniss muss so formulirt werden:

Geringere Leistung des Muskels geht mit geringerer Wasserzunahme desselben Hand in Hand: Leistung und Wasserzunahme des Muskels stehen in einem geraden Verhältnisse zu einander.

Noch einen weiteren Einblick in die Stoffveränderung bei Bewegung gestatten unsere gewonnenen Resultate. Ein Blick auf die Tabelle zeigt, dass je grösser die anfängliche Menge der festen Stoffe vor der Bewegung ist, je mehr feste Stoffe der Muskel im Zustande der Ruhe besitzt, um so stärker ist die Vermehrung des Wassers durch den Tetanus. Die Reihe ist folgende:

| Feste Stoffe des geruhten Muskels. | Procentische Verringerung derselben durch den Tetanus. |
|---|---|
| 17,2 % | 3,0 % |
| 19,3 | 6,2 |
| 19,6 | 7,2 |
| 20,6 | 9,7 |
| 21,1 | 12,8 |

Die Beobachtung, welche eine Ausnahme zu machen scheint, ist die Nr. III. Bei 20,3 % festen Stoffen betrug die procentische Verminderung 13,8 %. Die obigen Zahlen beweisen mit dieser Einschränkung, die jedoch principiell keinen Widerspruch involvirt: auch hier wird mit einer bedeutenden Menge fester Stoffe eine bedeutende Vermehrung des Wassergehaltes beobachtet:

Je grösser die in dem Muskel vorhandene Stoffmenge in der Ruhe ist, desto stärker kann im Tetanus die Wasserzunahme sein. Und da wir gesehen haben, dass die Leistung mit der Wasserzunahme bei dem Tetanus in einem directen Verhältniss steht, so heisst diese Beobachtung:

Je mehr feste Stoffe der geruhte Muskel enthält, desto grösser sind seine möglichen Leistungen. Oder:

Der Wassergehalt des Muskels steht in einem entgegengesetzten Verhältniss zu seiner Leistungsfähigkeit.

Wir werden sogleich sehen, unter welchen nicht unwichtigen Einschränkungen dieser Satz seine allgemeine Geltung behauptet.

## § 3.

### Einfluss des Lebensalters auf den Wassergehalt des ruhenden Muskels.

Gestützt auf die im Vorstehenden mitgetheilten Versuche und ihre Resultate, welche uns die Leistungsfähigkeit des Muskels als eine Function seiner bei 100° C. beständigen Stoffmenge haben erkennen lassen, können wir es uns nicht versagen, noch auf einige weitere, theils schon

bekannte, aber nicht gehörig gewürdigte, theils erst neu erkannte Bedingungen einzugehen, welche sich von Einfluss auf den Wassergehalt und damit auf die Menge der festen Stoffe des Muskels erweisen.

Wenden wir unser Augenmerk zuerst auf den physiologischen Wassergehalt der Muskeln in den verschiedenen Lebensaltern derselben Thierspecies.

Es ist eine ganz allgemein bekannte Thatsache, dass wie alle Gewebe z. B. das Gehirn, so auch der Muskel bei jungen Thieren einen grösseren Wasserreichthum zeigen als bei älteren.

So enthält beispielsweise nach Schlossberger[1]) ein

Kalb (4 Wochen alt) 79,7 %
Kalb (¼ Jahr alt) . 78,2 %
Ochs . . . . . 77,0 %

an Wasser im willkürlichen Muskel.

Bei der Ente ist dies noch auffallender:

Ente (eben ausgeschlüpft) 85,4 %
Ente (wild) . . . . . 72,0 %.

Bei einem jungen Hund, 5 Tage alt, waren nach meiner Beobachtung im Muskel:

21 % feste Stoffe,
79 % Wasser,

während bei ausgewachsenen Hunden die Muskeln 75 % Wasser enthalten.

Ganz ähnlich ist es beim Menschen: auch hier trifft die Zeit des geringsten Wassergehalts des Muskels mit der Zeit seiner grössten Leistungsfähigkeit zusammen. Nach E. Bischoff enthielten die Muskeln eines Neugeborenen 81,8 %, die eines gesunden Erwachsenen 75,7 % Wasser.

Diese Erfahrung kann demnach ebenfalls formulirt werden, wie wir es schon in dem vorstehenden Paragraphen versucht haben:

Auch aus der Beobachtung des Wassergehalts des Muskels in den verschiedenen Lebensaltern — Jugend und kräftiges Mannesalter beim Menschen — lässt sich die Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von der Menge der im Muskel vorhandenen festen Stoffe erkennen.

Das Gesetz, welches in dem Zusammenfluss dieser verschiedenen

1) Chemie der Gewebe des gesammten Thierreichs. Bd. II. pag. 169. (1856.)

Thatsachen zu Tage tritt, scheint sich auf den ersten Blick, wenigstens für das höhere Alter der Thiere und speciell des Menschen nicht zu bewahrheiten. Die festere, zähere Fleischfaser alter Thiere und Menschen scheint dafür zu sprechen, dass das Wasser des Muskels im Alter eher ab als zunehme. Es ist darum nicht unnöthig einige Bestimmungen des Wassergehaltes der Muskeln bei ganz alten Individuen, welche mir zu Gebote stehen, hier vergleichungsweise mitzutheilen. An denselben Individuen wurden gleichzeitig auch eine Reihe anderer Organe auf ihren Wassergehalt geprüft; ich theile auch die hierbei gewonnenen Resultate gleichzeitig mit.

### Wasserbestimmungen in den verschiedenen Geweben alter Individuen.

#### Nr. I.

Frau. 73 Jahre alt. Todesart: Marasmus. Nicht wassersüchtig, stark abgemagert.

Gewicht = 35700 Gramm,
Länge = 159 CM,
Gehirngewicht = 940 Gramm,
Rückenmark = 36 -

1. Muskelfleisch (Biceps)

feucht = 16,1099 Gramm,
trocken = 3,0282 -

demnach Gehalt an festen Stoffen: 18,8%
- - - Wasser . . . 81,2%

Fettgehalt des trockenen Fleisches (Aetherextract) 5,5%
- - nassen - . . . . . 1,03%.

2. Haut (fettlos)

feucht = 6,3322 Gramm,
trocken = 1,3250 -

danach Gehalt an festen Stoffen 20,9%
- - - Wasser . . . 79,1%.

3. Nervengewebe (Plexus brachialis)

feucht = 4,9952 Gramm,
trocken = 1,1502 -

demnach Gehalt an festen Stoffen 23,0%
- - - Wasser . . . 77,0%

4. Fettgewebe (aus der Achselhöhle)
feucht = 14,0761 Gramm,
trocken = 2,6904 -
demnach Gehalt an festen Stoffen 19,1 %
- - - Wasser . . . 80,9 %.

5. Rückenmark und verlängertes Mark (ohne Nervenwurzeln)
feucht = 24,6206 Gramm,
troeken = 7,0970 -
demnach Gehalt an festen Stoffen 29,2 %
- - - Wasser . . . 70,8 %.

6. Gesammthirn. (die Hälfte des Gehirns wurde zu einem gleichmässigen Brei im Mörser zerstossen)
feucht = 45,4646 Gramm,
trocken = 10,3510 -
demnach Gehalt an festen Stoffen 22,8 %
- - - Wasser . . . 77,2 %.

7. Weisse Substanz des Gehirns (grosse Hemisphären)
feucht = 11,9536 Gramm,
trocken = 3,8472 -
demnach Gehalt an festen Stoffen 32,2 %
- - - Wasser . . . 67,8 %
Stickstoffgehalt der trockenen Masse = 6 %.

8. Graue Gehirnmasse (Oberfläche der grossen Hemisphären)
feucht = 8,2878 Gramm,
trocken = 1,3600 -
demnach Gehalt an festen Stoffen 16,36 %
- - - Wasser . . . 83,64 %
Stickstoffgehalt der trockenen Masse 9,7 %.

## Nr. II.

Mann. 64 Jahre alt. Todesart: Marasmus. Ebenfalls stark abgemagert, nicht wassersüchtig.
Gewicht = 34900 Gramm,
Körperlänge = 156.CM.
Gehirngewicht = 1245 Gramm,
Rückenmark = 44 -

1. Muskelfleisch (Biceps)
   feucht = 12,9232 Gramm,
   trocken = 1,9620 -
   demnach Gehalt an festen Stoffen 15,2 %
   - - - Wasser . . . 84,8 %
   Fettgehalt des trockenen Fleisches 5,0 %.
2. Gesammthirn.
   feucht = 5,8613 Gramm,
   trocken = 1,1428 -
   demnach Gehalt an festen Stoffen 19,5 %
   - - - Wasser . . . 80,5 %.
3. Weisse Gehirnmasse (grosse Hemisphären)
   feucht = 6,9203 Gramm,
   trocken = 1,8709 -
   demnach Gehalt an festen Stoffen 27,0 %
   - - - Wasser . . . 73,0 %.
4. Graue Gehirnmasse (Oberfläche der grossen Hemisphären)
   feucht = 5,6749 Gramm,
   trocken = 0,7245 -
   demnach Gehalt an festen Stoffen 12,8 %
   - - - Wasser . . . 87,2 %.
5. Rückenmark
   feucht = 5,4960 Gramm,
   trocken = 1,4895 -
   demnach Gehalt an festen Stoffen 27,1 %
   - - - Wasser . . . 72,9 %.

Stellen wir die Procentzahlen tabellarisch zusammen:

| | Mann. | Frau. | |
|---|---|---|---|
| Muskel . . . . | 15,18 | — 18,8 | feste Stoffe |
| Gesammthirn . . | 19,5 | — 22,8 | - - |
| Weisse Gehirnmasse | 27,0 | — 32,2 | - - |
| Graue - | 12,8 | — 16,4 | - - |
| Rückenmark . . . | 27,1 | — 29,2 | - - |

Wir beobachten danach einen ganz enorm grossen Wasserreichthum des Muskels bei alten, scheinbar ganz ausgetrockneten Individuen. Dieser Wasserreichthum und die damit Hand in Hand gehende Stoffarmuth des Muskels wird noch deutlicher, wenn wir die in ihnen

enthaltene Fettmenge — Aetherextractmenge — von der Gesammtmenge der festen Muskelstoffe abziehen.

Nach dieser Beobachtung schliesst sich demnach das Alter dem Gesetze, dass die Leistungsfähigkeit des Muskels im geraden Verhältnisse zur Menge seiner festen Stoffe und im umgekehrten Verhältnisse zu seiner Wassermenge stehe, auf das Vollkommenste an.

Die Menge an festen Muskelstoffen nimmt wie die Leistungsfähigkeit des Muskels von der Jugend bis zum Mannesalter zu, von da an nehmen beide bis zum Greisenalter wieder entsprechend ab. So erklärt sich auch einfach der höhere Wassergehalt der Muskeln weiblicher Individuen.

Das Wasser spielt in diesen Fällen sicher die Rolle einer Hemmungsvorrichtung für die Zersetzung der Muskelstoffe. Durch das Dazwischentreten einer grösseren Menge Wassers zwischen die Moleküle wird ihre Einwirkung auf einander wesentlich abgeschwächt werden. Derselbe Grund schützt die Moleküle gleichzeitig bis zu einem gewissen Grade vor den zersetzenden Einwirkungen der äusseren Reize, da jene in gleichen Zeiten und auf gleichem Raume weniger zersetzbares Material vorfinden. Dies ist offenbar mit ein Grund sowohl für die geringeren Zersetzungen in einem wasserreicheren Muskel wie für seine geringeren Arbeitsleistungen, wie dies im Alter beobachtet wird.

Ein Blick auf vorstehende kleine Tabelle lehrt uns, dass eine Abnahme an festem Stoff im Muskel Hand in Hand geht mit einer Abnahme an Stoff in den nervösen Geweben, Gehirn und Rückenmark, und zwar ist es besonders die graue Masse des Gehirns, welche noch mehr wie der Muskel, in den beiden vorliegenden Fällen wenigstens, unter den aufreibenden Einflüssen gestörter Ernährung — Marasmus — gelitten hat. Es war von vorneherein klar, dass eine Ernährungsstörung des Gesammtorganismus sich an allen Geweben desselben wirksam erweisen würde. Doch ist die Gleichmässigkeit der Wirkung bei den verschiedenen Geweben durchaus kein Postulat der Vernunft. Die Gewebe, welche dem raschesten Stoffwechsel unterliegen, wie Muskel und Drüsen, werden auch zuerst nachweislich in ihren Functionen gestört werden müssen, wenn eine Abnahme an Masse ohne ersetzende Anbildung in höherem Maasse sich einstellt, und wir sehen diesen Effect der gestörten Ernährung wirklich täglich vor Augen. Hingegen scheint das Nervengewebe, wenigstens das Centralorgan der Erinnerung, das

Gehirn, sich in grosser Ausdehnung frei von diesen Störungen des Gesammtorganismus erhalten zu können. Wir sehen bei ausgedehnten körperlichen Ernährungsstörungen nicht selten die geistigen Functionen noch in voller Frische, während die übrigen körperlichen Functionen z. B. Arbeitsleistung ganz darniederliegen. Der Grund hiefür scheint einzig darin zu liegen, dass der Stoffwechsel im Gehirne und den nervösen Geweben überhaupt ein sehr geringer ist; dass sich demnach alle Störungen des Gesammtorganismus erst in den weiter gehenden Fällen auf die chemische Zusammensetzung dieser Organe von erkennbarem Einfluss zeigen werden.

Wie gering der Stoffumsatz in den Nerven selbst sein mag, lässt sich aus der Erfahrung abnehmen, dass der galvanische Leitungswiderstand derselben sich bei dem Uebergang aus dem lebenden in den todten Zustand nicht zu ändern scheint, dass die Aenderungen jedenfalls in die Fehlergrenzen der Beobachtung fallen.

Der Stoffumsatz im Nerven und den nervösen Centralorganen ist sicher aus dem Grunde ein so geringer, weil die Blutzufuhr zu diesen Geweben eine ziemlich geringe ist.

Trotzdem aber dass wir die nervösen Centralorgane bis zu einem gewissen Grade unabhängig wenigstens von augenblicklichen Ernährungsstörungen sehen, finden wir in den beiden mitgetheilten Fällen unter dem Einfluss eines anhaltenden Ernährungsmangels eine ganz enorme Abnahme an festen Stoffen in ihnen eingetreten:

Bei anhaltender Ernährungsstörung sehen wir die Abnahme an festen Stoffen im Muskel Hand in Hand gehen mit einer wenigstens eben so starken Abnahme an festen Stoffen im Gehirn und Rückenmark.

Gewiss gelten die Auseinandersetzungen über den Wassergehalt des Muskels als einer Hemmungseinrichtung in Beziehung auf die Zersetzung und damit der Leistungsfähigkeit ebenso für das Nervengewebe wie für den Muskel. Auch hier wird die Einwirkung der einzelnen Massentheilchen auf einander, die Einwirkung der äusseren Reize auf dieselben durch das Dazwischentreten einer grösseren Menge Wassers geschwächt werden müssen. Im Verein mit einem geringeren Consum an Stoff werden wir eine geringere Leistungsfähigkeit erwarten müssen.

So erklärt sich das Zurücksinken des Greisenalters in die Kindheit in Beziehung auf die intellectuellen Fähigkeiten vielleicht schon aus

dem grösseren Wassergehalte des Gehirns, aus der Rarefication der nervösen Elemente, welche das Kindes- und das Greisenalter gemeinsam auszeichnet.

## § 4.

### Verschiedener Wassergehalt der Muskeln desselben Individuums.

Wir haben bisher das Gesetz von dem Abhängigsein der Leistungsfähigkeit von der Masse an festen Stoffen im Muskel ausnahmslos bewahrheitet gefunden. Es erübrigt noch einige Einschränkungen, welchen es unterliegt, zu besprechen.

Wir begegnen der ersten scheinbaren Ausnahme von diesem Gesetze bei der Untersuchung des Wassergehaltes in verschiedenen Muskeln desselben Individuums. Ich lasse sogleich die an Kaninchen von mir angestellten vergleichenden Wasserbestimmungen der verschiedenen Muskeln folgen. Die Bestimmungen wurden mit grösstmöglicher Vorsicht angestellt. Das Fleisch wurde sogleich nach der Trennung von dem warmen, noch zuckenden Körper in dem Uhrglasapparate verschlossen. Es zeigte sich diese Vorsichtsmaassregel bei allen Muskeln von grösster Wichtigkeit. Eine bedeutende Wassermenge verdichtete sich in dem luftdichtverschlossenen Apparate, welche unter anderen Umständen ungewogen verschwunden wären. Besonders stark war die Wasserverdunstung bei dem Herzen.

Bestimmung des Wassergehaltes der verschiedenen lebenden Muskeln vom Kaninchen.

1. Rückenmuskeln.

a. Erstes Kaninchen,
feucht = 1,3195 Gramm,
trocken = 0,3372 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 25,5 %
„ „ „ Wasser . . . 74,5 %

b. Zweites Kaninchen,
feucht = 8,5584 Gramm,
trocken = 2,1249 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 24,82 %
„ „ „ Wasser . . . 75,18 %

2. Schenkelmuskel (blass),
   feucht = 1,5118 Gramm,
   trocken = 0,3706 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 24,2 %
   „ „ „ Wasser . . . 75,8 %
3. Schenkelmuskel (roth),
   feucht = 1,2264 Gramm,
   trocken = 0,2860 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 23,5 %
   „ „ „ Wasser . . . 76,5 %
4. Bauchmuskeln,
   feucht = 2,8785 Gramm,
   trocken = 0,6975 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 24,2 %
   „ „ „ Wasser . . . 75,8 %
5. Herz (Kammern),
   feucht = 3,4882 Gramm,
   trocken = 0,6968 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 20,0 %
   „ „ „ Wasser . . . 80,0 %

Eine andere Versuchsreihe an einem zweiten Thiere ergab ganz analoge, wenn auch weniger in die Augen springende Resultate. Das Versuchsthier war ebenfalls ein Kaninchen.

1. Rückenmuskeln,
   feucht = 2,6120 Gramm,
   trocken = 0,6240 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 23,9 %
   „ „ „ Wasser . . . 76,1 %
2. Schenkelmuskel (blass),
   feucht = 2,0213 Gramm,
   trocken = 0,4657 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 23,0 %
   „ „ „ Wasser . . . 77,0 %
3. Schenkelmuskel (roth),
   feucht = 1,4040 Gramm,
   trocken = 0,3278 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 23,3 %
   „ „ „ Wasser . . . 76,7 %

4. Herz (Kammern),
feucht = 3,4757 Gramm,
trocken = 0,7527 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 21,6 %
„ „ „ Wasser . . . 78,4 %

Die Unterschiede in dem Wassergehalte der einzelnen Muskeln sind demnach nicht unbedeutend. Es ergiebt sich sogleich, dass ein Zusammenhang des Wassergehaltes und der von dem Muskel in der Zeiteinheit von dem Organismus geforderten Arbeitsleistung besteht.

Die bei Kaninchen wenig thätigen Rückenmuskeln besitzen am wenigsten Wasser; das Herz, der thätigste Muskel des ganzen Organismus, am meisten.

E. Bischoff gewann das gleiche Resultat am Menschen:

1. Erwachsener:
Muskeln . . 75,7 %
Herz . . . 79,2 %

2. Neugeborener:
Muskeln . . 81,8 %
Herz . . . 83,3 %

Es scheint demnach das Gesetz hier in umgekehrter Weise aufzutreten, indem die leistungsfähigsten Muskeln den grössten Wassergehalt erkennen lassen. Eine einfache Ueberlegung zeigt jedoch, dass gerade in dieser scheinbaren Ausnahme die schönste Bestätigung des gefundenen Gesetzes beruht:

In dem Einzelorganismus sind deswegen die leistungsfähigsten Muskeln die wasserreichsten, weil sie die angestrengtesten sind.

Anstatt demnach einer Beeinträchtigung der Allgemeingültigkeit des Gesetzes hier zu begegnen, treffen wir auf einen directen Beweis unserer bei anderen Untersuchungen gewonnenen Beobachtung, dass die Muskelaction mit einer Abnahme an festen Stoffen im Muskel verbunden sei. Die Blutcirculation ist nicht im Stande, die Unterschiede in der Zusammensetzung verschiedener Muskeln desselben Organismus auszugleichen.

Das Gesetz muss sich schliesslich auch noch so nachweisen lassen, dass Thiere, welche gewöhnt sind, sich stärker zu bewegen, weniger

Wasser in den Muskeln enthalten, als solche Thiere, welche ihren Muskeln weniger Arbeit zumuthen.

Leider stehen mir hiefür wenig eigene Beobachtungen zu Gebote, doch genügen schon die von Bibra gewonnenen Zahlen:

| | Wasser: |
|---|---|
| Taube (zahm) . | 74 % |
| Ente (wild) . . | 72 % |
| Falke . . . . | 71 % |
| Schwalbe . . . | 70 % |

Meine eigenen Beobachtungen geben folgendes Resultat, in umgekehrter Ordnung wie in der vorstehenden Tabelle:

| | Wasser: | | feste Stoffe: |
|---|---|---|---|
| Schwein . . | 78,6 % | — | 21,4 % |
| Kaninchen . | 75,7 % | — | 24,3 % |
| Katze . . . | 74,9 % | — | 25,1 % |

Das Resultat ist augenscheinlich dasselbe wie in vorstehender Reihe.

Bei dem Schweine liegt mir auch eine Beobachtung über den Wassergehalt der verschiedenen Muskeln desselben Thieres vor. Ich untersuchte den Wassergehalt der Muskeln von verschiedenem Fettgehalt. Die Fettmenge in dem Fleische wurde nur dem Ansehen der Fleischstücke nach geschätzt. Das Resultat ist folgendes:

Wasserbestimmung in verschiedenen Muskeln desselben Schweines.

1. Mageres Stück (fleischroth),
   frisch = 1,1797 Gramm,
   trocken = 0,2475 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 21,0 %
   „ „ „ Wasser . . . 79,0 %
2. Fleisch etwas fetter (weniger roth),
   frisch = 1,3134 Gramm,
   trocken = 0,2784 „
   demnach Gehalt an festen Stoffen 21,1 %
   „ „ „ Wasser . . . 78,9 %

3. Fleisch sehr fett (weissroth),

frisch = 1,2015 Gramm,
trocken = 0,2673 „
demnach Gehalt an festen Stoffen 22,2 %
„ „ „ Wasser . . . 77,8 %

Wir beobachten hier eine Abnahme des Wassergehaltes correspondirend der Zunahme an Fett im Muskel. Diese Erscheinung kann uns nicht in Erstaunen setzen, wenn wir bedenken, dass das Fett in seiner chemischen Zusammensetzung kein Wasser enthält. Wenn demnach, wie es bei der Mästung der Thiere geschieht, das Fleisch des Muskels durch Fett verdrängt wird, so muss dadurch nothwendig der Wassergehalt des Muskels abnehmen. Es vertritt hiebei das Fett die Rolle des Wassers, indem es die musculösen Elemente ebenso rarificirt wie jenes.

Offenbar steht diese Erfahrung im Zusammenhang mit der anderen, dass die weniger angestrengten Muskeln im Organismus die wasserärmeren sind. Muskelruhe und Fettansatz gehen ja bekanntermassen Hand in Hand. Und dass im Organismus wirklich einzelne Muskeln und Muskelgruppen gemästet werden können, ohne dass der übrige Organismus an diesem Zustande der Mästung theilnimmt, beweisen die Erfahrungen der Chirurgie bei Muskeln bewegungsloser Glieder tagtäglich. —

## § 5.

### Resultate.

Fassen wir auch hier, wie wir es schon am Schlusse des vorigen Capitels gethan, die Ergebnisse in einzelnen Sätzen zusammen:

1. Der Tetanus ist stets mit einem nicht unbedeutenden procentischen Verlust an festen Stoffen des Muskelgewebes verbunden, welche auf einer Zunahme desselben an Wasser beruht.

2. Geringere Leistung des Muskels ist mit einer geringeren Wasserzunahme verknüpft: Leistung und Zunahme des Wassergehaltes stehen in einem geraden Verhältnisse.

3. Je geringer die in dem Muskel vorhandene Wassermenge in dem Zustande der Ruhe ist, desto grösser ist die Wasserzunahme im Te-

tanus. Je mehr Procente an festen Stoffen der geruhte Muskel enthält, desto grösser ist seine Leistungsfähigkeit.

4. Die procentische Menge an festen Muskelstoffen nimmt, wie die Leistungsfähigkeit des Muskels beim Menschen, von der Jugend bis zum kräftigen Mannesalter zu; von hier an nehmen beide bis zum Greisenalter wieder entsprechend ab: die Zeit des geringsten Wassergehaltes der Muskeln trifft mit der Zeit ihrer grössten Leistungsfähigkeit zusammen.

5. Bei anhaltenden Ernährungsstörungen sehen wir die Abnahme an festen Stoffen im Muskel Hand in Hand gehen mit einer wenigstens ebenso starken Abnahme an festen Stoffen in den nervösen Centralorganen.

6. Im Einzelorganismus sind ebenfalls die angestrengtesten Muskeln die wasserreichsten — der wasserreichste Muskel ist das Herz. —

---

## Drittes Capitel.

## Wirkungen der Diffusion zwischen Blut und Muskel.

---

### § 1.

### Weiterer Versuchsplan.

Die Resultate der Leitungswiderstandsbestimmungen am geruhten und tetanisirten Muskel hatten uns zu der Ansicht geführt, dass infolge der Wirkungen der Diffusion zwischen dem Muskelsaft einerseits und den den Muskel umgebenden Flüssigkeiten — Blut und Lymphe — andererseits ein Theil der festen durch den Tetanus leicht diffundirbar gemachten Muskelstoffe aus dem Muskel ausgewaschen werden müssten, dass demnach der Muskel nach dem Tetanus im lebenden, unversehrten Thiere stoffärmer sein müsste, als vor demselben.

Die vorstehend mitgetheilten Resultate haben neben anderen wichtigen Fortschritten in unserer Kenntniss des Zusammenhanges der Muskelleistungsfähigkeit mit seinen quantitativen Stoffverhältnissen auch diese Ansicht vollkommen bestätigt. Wir fanden wirklich den Muskel wasserreicher und stoffärmer infolge der Bewegung im unversehrten Organismus.

Wir können uns jedoch trotz dieser ersten Bestätigung unserer Ansicht nicht verschweigen, dass noch immer, vielleicht gegründete, Einwürfe gegen dieselbe gemacht werden könnten.

Man könnte annehmen, dass die Vermehrung des Wassergehaltes gar nicht ihren inneren Grund im Muskel selbst besässe, sondern dass sie vielleicht nur beruhe auf einer Hereinpressung von Flüssigkeit in den Muskel durch eine Veränderung der circulatorischen Druckverhältnisse während des Tetanus.

Man könnte zweitens annehmen, dass die Vermehrung des Wassers im Muskel in einer Oxydation seiner Elemente, die schliesslich zur Wasserbildung führen muss, ihre Ursache besässe.

Es ist klar, dass uns diesen Einwürfen gegenüber die Pflicht obliegt, die Wirkung der Diffusion bei der Verminderung der festen Muskelstoffe im Tetanus ausser Zweifel zu stellen.

Wir werden uns zuerst damit beschäftigen, nachzuweisen, dass die beobachtete Vermehrung des Muskelwassergehaltes nicht auf Oxydation der Muskelstoffe zurückzuführen sei, welche, obwohl sie sicher besteht, bei gehöriger Würdigung der obwaltenden Verhältnisse von nur äusserst minimalem Einfluss auf das Resultat einer Wasserbestimmung erwartet werden darf.

Unsere zweite Aufgabe wird sein, zu erweisen, dass sich die im Muskel verschwundenen festen Stoffe nach dem Tetanus wiederfinden lassen in den den Muskel umströmenden Flüssigkeiten, dass sie also nicht in das Nichts verschwunden sind.

Der dritte Theil der Gesammtaufgabe wird den Beweis liefern müssen, dass das Imbibitionsvermögen des Muskels nach dem Tetanus wirklich ein stärkeres ist, als vor demselben.

Durch Erledigung dieser drei Puncte in unserem Sinne werden wir unsere Ansicht zu beweisen im Stande sein.

## § 2.

### Der Wassergehalt des ruhenden und tetanisirten Muskels bei Ausschluss der Blutcirculation.

Wie eben dargelegt, muss unsere Aufgabe sein, nachzuweisen, dass die im vorigen Capitel besprochene Vermehrung des Wassergehaltes des Muskels durch den Tetanus ihren Grund nicht einer inneren Oxydation der Muskelelemente allein verdanke.

Die Entscheidung dieser Frage gestaltet sich äusserst einfach. Es ist dazu nur nothwendig, den Muskel mit Ausschluss der Blutcirculation, also am einfachsten ausgeschnitten, zu tetanisiren und dann auf seinen Wassergehalt zu untersuchen.

Die Frösche wurden zu diesem Zwecke geschlachtet, die gewonnenen galvanischen Präparate sorgfältig von dem anhaftenden Blut und Lymphe befreit. Der eine Schenkel wurde sodann abgeschnitten, um als geruht untersucht zu werden, der andere wurde mit dem Magnetelektromotor, dessen Spiel durch ein Uhrwerk in regelmässigen kurzen Pausen unterbrochen und wiederhergestellt wurde, in der feuchten Kammer bis zur Erschöpfung tetanisirt, was 1½—3 Stunden in Anspruch nahm. Während der Zeit lag der andere Schenkel ruhend in der gleichen feuchten Kammer, um möglichst alle Versuchsbedingungen constant zu erhalten für die beiden Vergleichsobjecte.

War die Leistungsfähigkeit des einen Schenkels durch den Tetanus endlich erschöpft, so wurde das Trocknen der Muskeln ganz in der im zweiten Capitel beschriebenen Weise vorgenommen.

Dieselbe Methode des elektrischen Tetanisirens, die ich hier eben in Kürze dargelegt habe, wurde in der Folge noch häufig zu anderen Versuchen von mir angewendet; ich werde an den betreffenden Stellen auf diesen Ort verweisen. Es gelingt mit dieser Methode leicht, die Muskeln bis zur deutlichen Säuerung der Muskelflüssigkeit zu tetanisiren.

In folgender Tabelle stelle ich die Resultate dieser Wasserbestimmungen zusammen. Die Versuche wurden im Anfang des Sommers angestellt, was für die Beurtheilung der Menge der festen Muskelstoffe von Wichtigkeit ist.

**Tabelle I.**

Vergleichende Wasserbestimmung ausgeschnittener tetanisirter Muskeln.

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Versuchsobjectes. | Muskelgewicht | | Procentischer Gehalt des Muskels an | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | frisch in Grammen. | trocken in Grammen. | festen Stoffen. | Wasser. |
| 1. | geruht | 0,9916 | 0,1926 | 19,4 | 80,6 |
| | tetanisirt | 0,9990 | 0,1940 | 19,6 | 80,4 |
| 2. | geruht | 1,0470 | 1,0655 | 19,5 | 80,5 |
| | tetanisirt | 0,2040 | 0,2064 | 19,3 | 80,7 |
| 3. | geruht | 0,8567 | 0,1554 | 18,1 | 81,9 |
| | tetanisirt | 0,8578 | 0,1553 | 18,1 | 81,9 |
| 4. | geruht | 0,7100 | 0,1346 | 18,9 | 81,1 |
| | tetanisirt | 0,7340 | 0,1375 | 18,8 | 81,2 |
| 5. | geruht | 0,8092 | 0,1610 | 19,8 | 80,2 |
| | tetanisirt | 0,8245 | 0,1638 | 19,8 | 80,2 |
| 6. | geruht | 0,7955 | 0,1348 | 17,3 | 82,7 |
| | tetanisirt | 0,7528 | 0,1295 | 16,9 | 82,1 |

Ein Blick auf die vorstehende Tabelle lehrt schon, dass die Wasserbestimmung in den tetanisirten und geruhten Muskeln, wenn der Tetanus erst nach dem Ausschluss der Blutcirculation eingeleitet wurde, die Verminderung der festen Stoffe nicht erkennen lässt, die wir bei den Muskeln, die, während sie noch unter dem Einfluss der Blutcirculation standen, tetanisirt wurden, so ganz constant haben auftreten sehen.

Die Wasserbestimmungen stimmen untereinander so genau überein, als es nur von so schwierigen, quantitativen Messungen zu erwarten ist, bei denen wir nicht auf absolute Genauigkeit, wie etwa bei quantitativen Bestimmungen anorganischer Körper, Anspruch machen dürfen. Die kleinen Unterschiede, die wir an den Resultaten wahrnehmen, müssen wir um so mehr als durch Versuchsungenauigkeiten entstanden denken, da sie keine Constanz in der Plus- oder Minusrichtung erkennen lassen. Während zwei aus der vorstehenden Reihe von Bestimmungen eine absolute Uebereinstimmung zeigen — Nr. 3 und Nr. 5 — zeigen drei andere — Nr. 2, 3 und 6 — einen etwas geringeren Gehalt an festen Stoffen bei dem tetanisirten Muskel, Nr. 1 hingegen einen etwas grösseren.

Trotzdem dürfen wir aber das Resultat nicht in der Art deuten, dass die theoretisch geforderte Wasserzunahme durch den Tetanus im Muskel durch Oxydation seiner Muskelstoffe nicht wirklich statthabe.

Die Versuche beweisen weiter nichts, als dass wir mit Hülfe unserer Methoden den feinen etwa bestehenden Unterschied nicht zu erkennen im Stande sind, er fällt in die Fehlergrenzen des Experimentes.

Ja man könnte noch mit mehr Recht die Behauptung aufstellen, dass die vorliegenden Resultate die Annahme einer Vermehrung des Muskelwassergehaltes durch den Tetanus auch bei den ausgeschnittenen, der Circulation entzogenen Muskeln wahrscheinlich machten.

Rechnen wir nämlich die Mittelwerthe aus den Werthen für den geruhten und tetanisirten Muskel, so ergiebt sich im Mittel aus den 6 Bestimmungen für den:

| | feste Stoffe | | Wasser |
|---|---|---|---|
| geruhten Muskel . . | 18,83 % | — | 81,17 % |
| tetanisirten Muskel . . | 18,75 % | — | 81,25 % |

also eine freilich sehr geringfügige Verminderung der festen Stoffe und Vermehrung des Wassergehaltes für den tetanisirten Muskel.

Lassen wir diese Frage dahingestellt, so ergiebt sich aus den eben mitgetheilten Versuchen mit aller Entschiedenheit:

Das Phänomen der Wasserzunahme des Muskels und damit correspondirend der Abnahme seiner festen Stoffe, wie es sich nach dem Tetanus bei dem lebenden, unversehrten Thiere constant zeigt, beruht nicht auf einer etwaigen Wasserbildung durch Oxydationen innerhalb des Muskels.

Wir werden durch diese Erfahrung zur Annahme einer äusseren Ursache für die fragliche Erscheinung zwingend hingewiesen.

## § 3.

### Vergleichende Wasserbestimmungen im Blute ruhender und tetanisirter Thiere.

Wir können uns nun nach der experimentalen Widerlegung des ersten Einwurfes gegen die von uns zur Erklärung des höheren Wassergehaltes tetanisirter Muskeln geltend gemachte Annahme, zu der zweiten uns oben gestellten Aufgabe wenden.

Wir wollen versuchen, ob wir im Stande sind, die im tetanisirten Muskel verschwundenen Stoffe, in den umgebenden Flüssigkeiten — Blut — wieder aufzufinden, wohin sie, wie wir annehmen, durch die Diffusion gelangt sind.

Während der Muskel durch die Wirkung des Tetanus an festen Stoffen verliert, müssen sich diese, da ihre Ausscheidung nicht so rasch erfolgt, in dem Blute aufhäufen.

Die Resultate der Veränderung des Muskels durch den Tetanus sind so bedeutend und in die Augen springend, dass wir getrost an die neue Untersuchung herantreten, mit der bestimmten Hoffnung, auch hier deutliche Resultate zu erlangen.

Wenden wir uns sogleich zu den für Entscheidung unserer Frage angestellten Versuchen.

Die Versuchsbedingungen sind selbstverständlicherweise in dieser Versuchsreihe möglichst die gleichen, wie wir sie in den bisher besprochenen Reihen anzuwenden gewohnt waren. Auch hier wurde durch Einpinseln in eine Hautwunde das Versuchsthier mit Strychnin vergiftet in der Weise, dass der folgende Tetanus beiläufig 36 Minuten anhielt. Es war unmöglich an einem und demselben Thiere das Blut vor und nach dem Tetanus zu untersuchen. Die Blutmenge eines Frosches ist zu gering, als dass es erlaubt gewesen wäre, ohne befürchten zu müssen, dass die Concentration des Blutes dadurch schon allein wesentlich alterirt werden würde, eine relativ so bedeutende Blutmenge, wie sie zur Wasserbestimmung immerhin erforderlich ist, aus dem Organismus zu entfernen. Es war deshalb nöthig, auch hier die Methode der Durchschnittswerthe in Anwendung zu bringen, welche das Missliche hat, dass wir dadurch genöthigt sind, eine grössere Anzahl von Versuchen in demselben Sinne anzustellen, als wir wohl sonst uns genöthigt gesehen hätten.

Das Blut wurde aus der Aorta ausfliessen lassen, direct in einen der schon oben bei der Wasserbestimmung im Muskel erwähnten Uhrglasapparate; der Apparat sodann sogleich verschlossen. Auch hier beschlägt sich der Apparat im Innern nicht unbedeutend mit Wasser, zum Zeichen, dass der augenblickliche luftdichte Verschluss durchaus keine illusorische Versuchsvorsicht ist.

In den folgenden Tabellen sind die directen und procentischen Versuchsresultate von dem Blute geruhter Thiere zusammengestellt.

**Tabelle II.**

Wassergehalt des Blutes beim ruhenden Frosch.

| Versuchs-Nummer. | Blutgewicht frisch in Grammen. | Blutgewicht trocken in Grammen. | Procentischer Gehalt des Blutes an | |
|---|---|---|---|---|
| | | | festen Stoffen. | Wasser. |
| 1. | 1,4370 | 0,1840 | 12,8 | 87,2 |
| 2. | 0,7940 | 0,0880 | 11,0 | 89,0 |
| 3. | 1,0080 | 0,1078 | 10,6 | 89,4 |
| 4. | 1,0125 | 0,0991 | 9,7 | 90,3 |
| 5. | 0,9850 | 0,1340 | 13,6 | 86,4 |
| 6. | 0,3465 | 0,0428 | 12,3 | 87,7 |
| 7. | 0,4542 | 0,0587 | 12,9 | 87,1 |
| 8. | 0,6606 | 0,0822 | 12,4 | 87,6 |
| 9. | 0,3185 | 0,0375 | 11,7 | 88,3 |
| 10. | 0,9025 | 0,1060 | 11,7 | 88,3 |
| 11. | 0,9330 | 0,1140 | 12,2 | 87,8 |
| 12. | 0,5600 | 0,0545 | 9,7 | 90,3 |
| **Im Mittel** | — | — | **11,7** | **88,3** |

Der aus den 12 in vorstehender Tabelle mitgetheilten Wasserbestimmungen des Blutes geruhter Frösche berechnete Mittelwerth:

Gehalt an festen Stoffen . . 11,7 %
„ „ Wasser . . . . 88,3 %

zeigt verhältnissmässig nur eine geringe procentische Abweichung von den extremen Werthen der einen und der anderen Seite.

Der Minimalwerth ist zweimal gefunden:

Gehalt an festen Stoffen . . . 9,7 %
„ „ Wasser . . . . . 90,3 %

Der Maximalwerth, der nur einmal gefunden wurde, ist:

Gehalt an festen Stoffen . . 13,6 %
„ „ Wasser . . . . . 86,4 %.

Wir haben hier demnach auch bei dem Blute ganz das analoge Phänomen, wie wir es schon bei dem Wassergehalte der Muskeln beobachtet und von so eingreifender Wirkung auf die Arbeitsleistung des Muskels gefunden haben: Der Wassergehalt des Blutes ist bei den einzelnen Individuen nicht unbeträchtlich verschieden, der procentische Unterschied ist beiläufig ähnlich gross als der des Wassergehaltes der verschiedenen Muskeln.

Es scheint von Interesse zu sein, schon an dieser Stelle zu entscheiden, ob der Wassergehalt des Muskels in einem Wechselverhält-

nisse zu dem Wassergehalte des Blutes stehe, oder nicht. Es wird uns schon diese Entscheidung einen nicht unwesentlichen Fingerzeig für unsere weitere Hauptfrage geben können.

Es wurden zur Entscheidung der angeregten Frage einige Versuche angestellt, welche im Folgenden tabellarisch zur besseren Uebersicht mitgetheilt sind.

**Tabelle III.**

Vergleichende Wasserbestimmung in Blut und Muskel des ruhenden Frosches.

| Versuchs-Nummer. | Benennung des Untersuchungsobjectes. | Das Gewicht der frischen Substanz in Grammen. | Das Gewicht der trockenen Substanz in Grammen. | Procentgehalt an festen Stoffen. | Procentgehalt an Wasser. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Muskel | 1,4603 | 0,2625 | 17,9 | 82,1 |
| | Blut | 0,9025 | 0,1060 | 11,7 | 88,3 |
| 2. | Muskel | 1,5908 | 0,2868 | 18,0 | 82,0 |
| | Blut | 0,9330 | 0,1140 | 12,2 | 87,8 |
| 3. | Muskel | 1,4586 | 0,2472 | 16,9 | 83,1 |
| | Blut | 0,5600 | 0,0545 | 9,7 | 90,3 |
| **Im Mittel** | **Muskel** | — | — | **17,6** | **82,4** |
| | **Blut** | — | — | **11,2** | **88,8** |

Das Verhältniss des Gehaltes des Muskels an festen Stoffen, zu dem entsprechenden Gehalt des Blutes in dem ruhenden Thiere ist in diesen drei Versuchen, den Gehalt des Blutes an festen Stoffen gleich 1 gesetzt:

| | Blut. | | Muskel. |
|---|---|---|---|
| I. | 1 | : | 1,5 |
| II. | 1 | : | 1,5 |
| III. | 1 | : | 1,7 |
| Im Mittel: | **1** | : | **1,6** |

Wir sehen, dass die gewonnenen Werthe für das gesuchte Verhältniss nur wenig differiren und zwar erweisen die in der vorstehenden Tabelle mitgetheilten Bestimmungen, **dass der grössten Menge an festen Stoffen im Muskel die grösste Menge an festen Stoffen im Blute entspreche, und umgekehrt.**

Es unterliegt nach dieser Beobachtung, die mit den analogen älteren von Schottin vollkommen übereinstimmt, keinem Zweifel mehr, dass ein Wechselverhältniss, wie wir es a priori vorausgesetzt, zwischen Blut und Muskel existire. Und zwar wird dieses Wechselverhältniss wohl dahin sich näher definiren lassen, dass ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen den beiden in fortwährendem Stoffaustausch begriffenen Flüssigkeiten, dem Blute und der Muskelflüssigkeit, existire, welcher nur durch den fortgehenden Stoffverbrauch — der bei den untersuchten hungernden Individuen nur ein sehr minimaler ist — durch kleine freilich beständige Schwankungen nach der einen und der anderen Seite gestört werden wird.

Es existirt bei diesem Vorgange natürlich kein principieller Gegensatz zwischen dem Zustande des Hungers und dem Zustande der Nahrungsaufnahme.

Nur während bei Hunger das Blut von aussen nur eine deconcentrirende Einwirkung erfahren kann und den verbrauchten Stoff nur aus inneren Reservoirs — dem Muskel und den Drüsen — wieder zu ersetzen vermag, wobei langsam, aber stets mit Aufrechthaltung des Gleichgewichtszustandes, die gesammte Menge an festen Körperstoffen eine Verminderung erfährt, der Diffusionsstrom demnach seine Hauptrichtung von den Organen zum Blute — von innen nach aussen — besitzt; kommt bei der Nahrungsaufnahme zu diesem Hauptstrome, der stets in ungeschwächter Wirksamkeit thätig bleiben muss, noch ein zweiter entgegengesetzter, unter normalen Bedingungen gleichstarker Strom hinzu, der von dem durch Nahrungszufuhr von aussen concentrirter gewordenen Blute zu den Organen — von aussen nach innen — gerichtet ist. Auch hier wird stets sich baldmöglichst ein Gleichgewichtszustand hergestellt haben, der nur den regelmässigen, kleinen zeitlichen Schwankungen, die ununterbrochen ihren Fortgang haben, unterliegt.

Der verschiedene Gehalt an festen Stoffen und Wasser im Blute und Muskel der einzelnen unter scheinbar gleichen Bedingungen lebenden Individuen; der Zusammenhang zwischen der Menge an festen Stoffen im Muskel und der im Blute, den wir soeben constatirt haben; die im zweiten Capitel niedergelegten Untersuchungen über die gleichzeitige Abnahme an festen Stoffen in allen Organen, sprechen für die obige Darlegung direct. Ebenso die weitere Beobachtung, dass die Frösche im

Frühsommer, wenn sie Nahrung aufnehmen, eine bei weitem grössere Menge an festen Muskelstoffen, und nach der eben mitgetheilten Erfahrung demnach auch an festen Stoffen im Blute, enthalten, als im Winter, nachdem sie schon eine Reihe von Wochen im Zustande der Inanition sich befinden.

Während im Juni der Gehalt an festen Stoffen im Muskel der Frösche in zwei Versuchen betrug:

1. 20,77 %
2. 20,33 %

ergaben die letzten Wasserbestimmungen, die im Februar angestellt wurden:

3. 18,0 %
4. 17,9 %
5. 16,9 %.

Die im Anfange des Winters angestellten Versuche ergaben entsprechend höhere Zahlen, die im zweiten Capitel nachzusehen sind.

Bis Februar hat demnach der Gehalt des Muskels an festen Stoffen um über $^1/_4$ der Gesammtmenge abgenommen!

Da das Blut sich analog wie der Muskel verhält, wie wir gesehen haben, so liegt keine Schwierigkeit vor, diesen Satz auch auf das Blut auszudehnen.

Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor, dass wirklich das gesuchte Wechselverhältniss zwischen Blut und Muskel und, wie die Beobachtungen an den beiden alten Individuen im zweiten Capitel lehren, auch zwischen den übrigen Körperorganen existire. Eine stärkere Concentration der einen an diffundirbarem Stoffe bedingt augenblicklich eine stärkere Concentration in allen anderen. Jeder Vorgang, der demnach den Gehalt des Organismus an diffundirbaren Stoffen vermehrt — Nahrungsaufnahme und Tetanus — wird darum auch der Voraussetzung gemäss mit einer stärkeren Concentrirung aller Körperflüssigkeiten, namentlich des Blutes, verbunden sein.

Wir sehen so durch die bisher angestellten Beobachtungen unsere Erwartungen, einen Einfluss des Tetanus auf die Zusammensetzung des Blutes, wenigstens in Beziehung auf die Gesammtstoffmenge desselben wahrnehmen zu können, bedeutend gestärkt und wir wenden uns demnach sogleich zu diesem eigentlichen Ziele unserer Betrachtungen selbst. In folgender Tabelle sind die Versuche, die zu diesem Zwecke angestellt wurden, zusammengestellt.

**Tabelle IV.**

Wassergehalt des Blutes bei dem tetanisirten Frosch.

| Versuchs-Nummer. | Blutgewicht frisch in Grammen. | Blutgewicht trocken in Grammen. | Procentischer Gehalt des Blutes an festen Stoffen. | Wasser. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 0,6834 | 0,0794 | 11,6 | 88,4 |
| 2. | 0,8078 | 0,1160 | 14,3 | 85,7 |
| 3. | 0,5421 | 0,0622 | 11,2 | 88,8 |
| 4. | 0,5918 | 0,0728 | 12,5 | 87,5 |
| 5. | 0,3744 | 0,0538 | 14,3 | 85,7 |
| 6. | 0,7930 | 0,0890 | 11,2 | 88,8 |
| 7. | 0,3849 | 0,0520 | 13,5 | 86,5 |
| 8. | 0,6652 | 0,0853 | 12,8 | 87,2 |
| 9. | 0,3642 | 0,0451 | 12,3 | 87,7 |
| 10. | 0,8608 | 0,1032 | 12,0 | 88,0 |
| 11. | 0,6424 | 0,0812 | 13,3 | 86,7 |
| 12. | 0,6320 | 0,1065 | 16,8!! | 83,2!! |
| **Im Mittel** | — | — | **13,0** | **87,0** |

Wir treffen in vorstehender Tabelle ungefähr analoge Schwankungen im Wassergehalte des Blutes der tetanisirten Thiere, wie wir sie bei den ruhenden angetroffen haben.

Die Mittelzahlen für beide Zustände sind folgende:

Wassergehalt des Blutes tetanisirter Frösche **87,0%**
- - - ruhender - **88,3%**
feste Stoffe - - tetanisirter - **13,0%**
- - - - ruhender - **11,7%**.

Das Blut der Frösche ist im Durchschnitt nach dem Tetanus um 1,3% reicher an festen Stoffen als vor demselben, und natürlich entsprechend wasserärmer.

Das Durchschnittsresultat, gegen dessen Richtigkeit man Einwendungen aus dem Schwanken des Wassergehaltes bei den verschiedenen Individuen machen könnte, erhält dadurch eine unumstössliche Bestätigung, dass in allen mitgetheilten Bestimmungen — man vergleiche auch die Tabelle I — alle kleinsten Werthe für die Menge der festen Stoffe im Blute auf Seite der geruhten, alle grössten auf Seite der tetanisirten Individuen sich befinden:

Minimalwerth des Gehaltes an festen Stoffen im geruhten Blute 9,7%

Minimalwerth des Gehaltes an festen Stoffen im tetanisirten Blute 11,2%
Differenz der Minimalwerthe . . . . . 1,5%
Maximalwerth des Gehaltes an festen Stoffen im geruhten Blute 13,6%
Maximalwerth des Gehaltes an festen Stoffen im tetanisirten Blute 16,8%
(beide Werthe sind nur einmal beobachtet und scheinen ausnahmsweise gross zu sein.)
Differenz der Maximalwerthe . . . . . 3,2%

Die Zahlen sprechen für sich selbst. Es kann keinem Zweifel mehr unterliegen, dass wir wirklich in unseren Beobachtungen, die in vorstehenden Tabellen zusammengestellt wurden, dem Phänomene, das wir gesucht haben, begegnet sind: Der Tetanus verändert nicht nur die chemische Constitution des Muskels, sondern gleichzeitig die des Blutes.

Das Blut wird durch den Tetanus concentrirter, der Muskel weniger concentrirt. Es ist klar, dass durch diesen Wechselvorgang das Verhältniss des Wassergehaltes des Blutes zu dem des Muskels, das wir, wie vor uns Schottin, als ein annähernd constantes bei dem ruhenden Thiere gefunden haben, eine wesentliche Alteration erfahren muss. Bedenken wir ferner, dass der Muskel je nach seinem Gehalte an festen Stoffen, wie dies im zweiten Capitel nachgewiesen, mehr feste Stoffe im Tetanus verbraucht, demnach dem Blute eine grössere Menge diffundirbaren Stoffs darbietet, so ist es klar, dass sich das oben in der Ruhe beobachtete Verhältniss des Wassergehaltes des Blutes zu dem des Muskels, nach welchem dem an festen Stoffen reichsten Muskel das an festen Stoffen reichste Blut entsprach, hier vollkommen umkehren müsse.

Es stehen mir solche Beobachtungen zu Gebote, welche diesen Satz experimentell beweisen.

Es wurde der Wassergehalt der Muskeln von dem Tetanus ebenfalls mit bestimmt. Das Blut konnte, aus den oben angegebenen Gründen, nur nach dem Tetanus auf seinen Wassergehalt geprüft werden. In folgender kleinen Tabelle sind die Resultate zusammengestellt.

**Tabelle V.**

Vergleichende Wasserbestimmung im Blut und Muskel tetanisirter Frösche.

| Versuchs-Nummer. | Benennung des Untersuchungsobjectes und seines Zustandes. | Das Gewicht der frischen Substanz in Grammen. | Das Gewicht der trockenen Substanz in Grammen. | Procentgehalt an festen Stoffen. | Procentgehalt an Wasser. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | ruhender Muskel | 0,8450 | 0,1485 | 17,5 | 82,5 |
| | tetanisirter - | 1,0200 | 0,1620 | 15,9 | 84,1 |
| | Blut nach dem Tetanus | 0,2750 | 0,0350 | 12,7 | 87,3 |
| 2. | ruhender Muskel | 1,4080 | 0,2555 | 18,2 | 81,8 |
| | tetanisirter - | 1,3045 | 0,2170 | 16,6 | 83,4 |
| | Blut nach dem Tetanus | 0,5127 | 0,0630 | 12,3 | 87,7 |

Wir ersehen aus diesen Zahlen, dass das Experiment unsere Voraussetzung bestätigt:

Nach dem Tetanus entspricht das concentrirtere Blut dem an Wasser reicheren Muskel und umgekehrt.

Das Gesetz kehrt sich demnach wenigstens für einige Zeit nach dem Tetanus um. Setzen wir für Tetanus den entsprechenden Ausdruck der Muskelleistung, wie wir ihn im zweiten Capitel gebraucht haben, so formulirt sich der vorstehende Satz dahin:

Je grösser die Leistung eines Muskels, desto wasserreicher oder stoffärmer finden wir ihn nachher; je grösser die Leistung des Muskels, desto wasserärmer oder stoffreicher wird das Blut.

Ich setze hier die Erfahrungen der vorhergehenden Capitel als bekannt voraus und unterlasse darum eine nähere Erklärung dieses Satzes.

## § 4.

## Das Imbibitionsvermögen des Muskels.

Die zuletzt mitgetheilten Untersuchungen haben auch die zweite in § 1 dieses Capitels aufgeworfene Frage in unserem Sinn bejahend entschieden. Wir haben somit nicht nur den Gedanken, dass die Wasserzunahme des Muskels im Tetanus allein auf einer inneren Wasserbildung beruhe, zurückgewiesen, sondern wir waren auch im Stande, das theoretisch geforderte correspondirende Phänomen, die Abnahme

des Wassergehaltes des Blutes durch den Tetanus aufzufinden. Wir deuten uns diese letztgenannte Erfahrung so, dass wir die im Muskel durch den Tetanus verloren gegangene Stoffmenge in dem Blute wiederfinden.

Es ist klar, dass wir zu diesem Ausspruche so lange nicht berechtigt sind, bis wir nachgewiesen haben, dass zwischen dem geruhten und dem tetanisirten Muskel wirklich ein Unterschied in der Grösse der Diffusionserscheinungen zu Gunsten des letzteren stattfinde; dass der tetanisirte lebende Muskel mehr Wasser in sich durch die Vorgänge der Diffusion aufzunehmen vermag als der geruhte. So lange dies nicht experimentell ausser allen Zweifel gesetzt ist, könnte stets noch der schon geltend gemachte Einwurf, dass das Wasser vielleicht nur durch veränderte Druckverhältnisse in dem circulatorischen Systeme während und nach dem Tetanus in den Muskel gepresst werde, aufrecht erhalten werden. Wir haben uns also ungesäumt und vor Allem an die definitive Entscheidung dieser Frage zu machen.

Schon a priori besteht freilich die bestimmte Aussicht, dass wir den geforderten Nachweis werden zu liefern im Stande sein. Was uns diese Aussicht giebt, sind die Quellungsversuche von Arnold am lebenden und todten Muskel angestellt[1]). Die genannten Experimente ergaben, dass der lebende, noch unter dem Nerveneinfluss stehende, aber seines Blutstromes beraubte Muskel 20 % Wasser weniger aufnimmt als der todte. Der Versuch wurde in der Art angestellt, dass nach Unterbindung der Gefässe des Froschgastrocnemius das Thier mit aufgeschlitzter Wadenhaut in Wasser gesetzt wurde. Nach 24 Stunden wurde der Muskel ausgeschnitten, gewogen und von neuem ins Wasser gelegt.

Die Vermehrung des Quellungsvermögens der Muskeln durch das Absterben beruht ganz sicher auf demselben Grunde wie die im ersten Capitel beschriebene Verbesserung seines galvanischen Leitungsvermögens durch das Absterben. Dieselben Stoffe, die bei ihrer Bildung als verhältnissmässig gute Leiter den Leitungswiderstand herabsetzen, müssen auch ihres grossen Diffusionsvermögens wegen das Quellungsmaximum des Muskels erhöhen. Und ganz analog, wie wir am angegebenen Orte

---

1) Die physiolog. Anstalt der Universität Heidelberg. 1858. 104; Ludwig Lehrbuch der Physiol. d. Menschen. Bd. II. 295. 1861.

den Tetanus in demselben Sinne wirksam fanden wie die Todtenstarre, dürfen wir auch hier mit Sicherheit einen gleichen Einfluss erwarten.

Wenden wir uns sogleich zu der Darlegung der angestellten Versuche selbst.

Es ist einleuchtend, dass wir auch hier wie in § 2 des vorliegenden Capitels nur am ausgeschnittenen, der Circulation entzogenen Muskel experimentiren dürfen, da wir ja künstlich die normale Wirkung des Blutes auf den tetanisirten Muskel nachahmen wollen, es muss darum diese letztere aus den Versuchsbedingungen ausgeschlossen werden.

In ganz analoger Weise wie im § 2 wurden die ausgeschnittenen, sorgfältig von Blut und Lymphe befreiten Muskeln elektrisch tetanisirt bis zur möglichst vollständigen Erschöpfung ihrer Leistungsfähigkeit. Die Gastrocnemien wurden dann gewogen im Uhrglasapparate und gleichzeitig die geruhten und tetanisirten Muskeln in je 30 CC. destillirten Wassers oder einer 0,7 % haltigen Kochsalzlösung gebracht. Nach dem Wiederherausnehmen aus der Imbibitionsflüssigkeit wurden sie sehr sorgfältig mit feinem ungeleimten Papier vollständig oberflächlich getrocknet und von neuem in dem Uhrglasapparate gewogen.

Die Kochsalzlösung wurde aus dem Grunde angewendet, weil im destillirten Wasser die Muskeln äusserst rasch absterben, durch welchen Vorgang das Versuchsresultat beeinträchtigt wird. Alles Uebrige erklären die folgenden Tabellen.

**Tabelle VI.**

Quellungsversuche am tetanisirten und geruhten Muskel.

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Versuchsobjectes. | Zeit der Quellung. | Gewicht des frischen Muskels in Grammen. | Gewicht des gequollenen Muskels in Grammen. | Procentische Gewichtszunahme durch Quellung. | Differenz zu Gunsten des tetanisirten Muskels. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | geruht | 10 Minuten in destillirtem Wasser. | 0,9896 | 1,0978 | 10,9 | 3 % |
| | tetanisirt | | 0,9985 | 1,1332 | 13,9 | |
| 2. | geruht | desgl. | 0,8176 | 0,9058 | 10,9 | 2,5 % |
| | tetanisirt | | 0,8367 | 0,9482 | 13,4 | |
| 3. | geruht | desgl. | 0,8497 | 0,9674 | 13,9 | 4,3 % |
| | tetanisirt | | 0,8568 | 0,9932 | 18,2 | |

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Versuchsobjectes. | Zeit der Quellung. | Gewicht des frischen Muskels in Grammen. | Gewicht des gequollenen Muskels in Grammen. | Procentische Gewichtszunahme durch Quellung. | Differenz zu Gunsten des tetanisirten Muskels. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. | geruht<br>tetanisirt | 2 Stunden in Kochsalzlösung von 0,7% | 0,9931<br>1,0472 | 1,0211<br>1,1712 | 2,8<br>11,8 | 9% |
| 5. | geruht<br>tetanisirt | desgl. | 0,8570<br>0,8367 | 0,8610<br>0,8930 | 0,3<br>6,7 | 6,4% |
| 6. | geruht<br>tetanisirt | desgl. | 0,8860<br>0,8228 | 0,8912<br>0,9813 | 0,5<br>19,2 | 18,7% |
| 7. | geruht<br>tetanisirt | 24 Stunden in Kochsalzlösung von 0,7% | 1,0504<br>1,0403 | 1,1921<br>1,2510 | 13,5<br>20,2 | 6,7% |
| 8. | geruht<br>tetanisirt | desgl. | 0,7380<br>0,7752 | 0,8115<br>0,9370 | 10,0<br>23,4 | 13,4% |
| 9. | geruht<br>tetanisirt | desgl. | 0,9040<br>0,7993 | 0,9250<br>0,9233 | 2,3<br>15,5 | 13,2% |
| 10. | geruht<br>tetanisirt | 27 Stunden in Kochsalzlösung von 0,7% | 0,8192<br>0,8245 | 0,9156<br>0,9390 | 11,7 (todtenstarr)<br>13,8 | 2,1% |
| 11. | geruht<br>tetanisirt | desgl. | 0,9302<br>0,9351 | 0,9990<br>1,0510 | 7,3<br>12,3 | 5% |
| 12. | geruht<br>tetanisirt | desgl. | 0,8010<br>0,7988 | 0,8665<br>0,9466 | 8,1<br>18,5 | 10,4% |

Es ergiebt sich aus allen angestellten Versuchen, dass der tetanisirte lebende Muskel im Vergleiche mit dem lebenden geruhten ein höheres Quellungsvermögen besitzt.

Es ist klar, dass wir es bei diesen Versuchen nicht dahin kommen lassen dürfen, dass die untersuchten Muskeln in der Quellungsflüssigkeit absterben. Ist nämlich unsere im ersten Capitel ausgesprochene Ansicht richtig, dass wenigstens für die Säurebildung ein Maximum besteht, das durch den Tetanus nicht erhöht wird, so werden wir erwarten müssen, dass, da ja sicherlich die Erhöhung der Diffusionsvorgänge im Muskel auch auf dem Auftreten der Säure hauptsächlich und vor Allem beruht, das Quellungsmaximum der geruhten und tetanisirten abgestorbenen Muskeln im Wesentlichen ein gleiches sein werde.

Zum experimentellen Beweise dieses Satzes habe ich auch eine Anzahl von Versuchen angestellt, welche für die eben ausgesprochene Ansicht entscheidend sind.

Die in vorstehender Tabelle zuletzt stehenden Muskeln Nr. 10, 11 und 12, die lebend bei einer Quellungszeit von 27 Stunden in der Kochsalzlösung das stärkere Quellungsvermögen des tetanisirten Muskels deutlich gezeigt hatten, wurden noch weiter bis zu ihrem Absterben in die Quellungsflüssigkeit gelegt. Die daran sich knüpfenden Beobachtungen ergaben, dass der anfänglich sich zeigende Unterschied dadurch vollkommen verwischt werden kann.

Im Folgenden theile ich die direct beobachteten Verhältnisse mit:

**Tabelle VII.**

Quellungsversuche am abgestorbenen tetanisirten und geruhten Muskel.

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Versuchsobjectes. | Zeit der Quellung bis zum Absterben. | Gewicht des frischen Muskels in Grammen. | Gewicht des gequollenen Muskels in Grammen. | Procentische Gewichtszunahme durch die Quellung. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | geruht<br>tetanisirt | 48 Stunden in 0,7 % Kochsalzlösung. | 0,8192<br>0,8245 | 0,9194<br>0,9360 | 12,2<br>12,2 |
| 2. | geruht<br>tetanisirt | desgl. | 0,9302<br>0,9351 | 1,0473<br>1,0420 | 12,6<br>11,4 |
| 3. | geruht<br>tetanisirt | desgl. | 0,8010<br>0,7988 | 0,9190<br>0,9464 | 14,7<br>18,4 |

Vergleichen wir dieses Ergebniss mit dem in der letzt vorherstehenden Tabelle mitgetheilten, so zeigt sich das von uns postulirte Verhältniss ziemlich deutlich. Ebenso zeigte sich dieses Verhältniss bei Muskeln, welche 30 Minuten in Wasser gelegen hatten. Das Quellungsmaximum ergab folgende Werthe:

| | | Quellungsmaximum. |
|---|---|---|
| Nr. 1. | geruhter Muskel | 35,2 % |
| | tetanisirter Muskel | 34,1 % |
| Nr. 2. | geruhter Muskel | 26,4 % |
| | tetanisirter Muskel | 26,5 % |
| Nr. 3. | geruhter Muskel | 31,8 % |
| | tetanisirter Muskel | 32,3 %. |

Die Unterschiede im Quellungsvermögen des lebenden Muskels vor und nach dem Tetanus verschwinden durch das Todtenstarrwerden, zum Beweis, dass die Gesammtmenge der sich bis zur Todtenstarre bildenden Zersetzungsproducte des Muskels durch den Tetanus nicht wesentlich vermehrt wird, wie wir dies schon aus den Versuchen im ersten Capitel gefolgert hatten. —

Eine weitere theoretische Folgerung aus unseren bisherigen Ergebnissen ist die, dass der im lebenden, unversehrten Thiere tetanisirte Muskel, der also ruhend und nach dem Tetanus den Diffusionseinwirkungen des Blutes ausgesetzt war, wodurch ihm ein Theil der diffundir-

**Tabelle**

Quellungsversuche an Muskeln, die bei

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Versuchsobjectes. | Gewicht des frischen Muskels in Grammen. | Gewicht des 6h in Salzwasser gequollenen Muskels in Grammen. | Procentische Gewichtszunahme durch 6stündige Quellung. 100: | Gewicht des Muskels nach 48 h Quellung in Grammen. | Procentische Gewichtszunahme durch 48stündige Quellung. 100: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | geruht | 0,5610 | 0,6120 | 109,1 | 0,6100 | 109,0 |
| | tetanisirt | 0,6130 | 0,6640 | 108,1 | 0,6100 | 99,9 |
| 2. | geruht | 0,6898 | 0,7273 | 105,4 | 0,7263 | 105,2 |
| | tetanisirt | 0,7228 | 0,7573 | 104,0 | 0,6893 | 95,3 |
| 3. | geruht | 0,5960 | 0,6300 | 105,7 | 0,6325 | 106,0 |
| | tetanisirt | 0,6560 | 0,6805 | 103,7 | 0,6480 | 99,0 |
| 4. | geruht | 0,7765 | 0,8675 | 111,7 | 0,9245 | 119,0 |
| | tetanisirt | 0,8270 | 0,8825 | 106,7 | 0,8625 | 104,2 |
| 5. | geruht | 0,6595 | 0,6790 | 102,9 | 0,6615 | 100,2 |
| | tetanisirt | 0,6835 | 0,7045 | 102,7 | 0,6665 | 97,5 |
| 6. | geruht | 0,4750 | 0,5320 | 112,0 | 0,5365 | 112,9 |
| | tetanisirt | 0,4795 | 0,5120 | 106,9 | 0,5035 | 105,0 |

baren Stoffe entzogen wurden, ausgeschnitten ein geringeres Quellungsvermögen zeigen müsse als der vorher geruhte Muskel.

Auch einige derartige Versuche habe ich angestellt, bei denen die Frösche mit Strychnin in der schon öfter beschriebenen Weise tetanisirt wurden, während der eine Schenkel als geruht zuerst ohne Blutung abgeschnitten war. Als Imbibitionsflüssigkeit wendete ich 0,7 % haltige Kochsalzlösung an. Gleichzeitig wurden auch Trockenbestimmungen der Muskeln nach verschiedenen Imbibitionszeiten gemacht. Das Uebrige ergiebt die folgende Tabelle.

**VIII.**

bestehender Circulation tetanisirt wurden.

| Gewicht des nach 48stündiger Quellung getrockneten Muskels in Grammen. | Procentische Menge der festen Stoffe im Muskel nach 48stündiger Quellung. | Gewicht des Muskels nach 151stündiger Quellung in Grammen. | Procentische Gewichtszunahme durch 151stündige Quellung. 100: | Gewicht des nach 151stündiger Quellung getrockneten Muskels in Grammen. | Procentische Menge der festen Stoffe im Muskel nach 151stündiger Quellung. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,1075<br>0,1140 | 20,0<br>18,6 | — | — | — | — |
| 0,1295<br>0,1273 | 18,7<br>17,6 | — | — | — | — |
| 0,1160<br>0,1110 | 20,0<br>17,0 | — | — | — | — |
| — | — | 0,9335 (todt)<br>0,7985 (lebt) | 120,2<br>96,5 | 0,1233<br>0,1480 | 13,2<br>18,5 |
| — | — | 0,6713 (todt)<br>0,6255 (lebt) | 101,8<br>91,5 | 0,1123<br>0,1140 | 16,9<br>18,2 |
| — | — | 0,5673 (todt)<br>0,5050 (zuckt noch, aber fängt an starr zu werden) | 119,4<br>105,3 | 0,0685<br>0,0750 | 12,1<br>14,8 |

Die vorstehenden Resultate zeigen vor Allem, dass, wie erwartet, der unter Einfluss der Circulation tetanisirte Muskel ein geringeres Quellungsvermögen besitzt als der geruhte, da ja ein Theil seiner die Quellung vermittelnden Stoffe schon durch das Blut ausgewaschen ist.

Die Differenzen zu Gunsten des geruhten Muskels stellen sich folgendermassen:

I. Quellungszeit: 6 Stunden.

| | Mehrzunahme an Gewicht von Seite des geruhten Muskels: |
|---|---|
| Nr. 1. . . . . | 1,0 % |
| Nr. 2. . . . . | 1,4 % |
| Nr. 3. . . . . | 2,0 % |
| Nr. 4. . . . . | 5,0 % |
| Nr. 5. . . . . | 0,2 % |
| Nr. 6. . . . . | 5,1 % |
| **Im Mittel . . .** | **2,4 %.** |

II. Quellungszeit 48 Stunden.

| | Mehrzunahme an Gewicht von Seite des geruhten Muskels: |
|---|---|
| Nr. 1. . . . . | 10,1 % |
| Nr. 2. . . . . | 9,7 % |
| Nr. 3. . . . . | 7,0 % |
| Nr. 4. . . . . | 14,8 % |
| Nr. 5. . . . . | 2,7 % |
| Nr. 6. . . . . | 7,9 % |
| **Im Mittel . . .** | **8,7 %.** |

III. Quellungszeit 151 Stunden.

| | Mehrzunahme an Gewicht von Seite des geruhten Muskels: |
|---|---|
| Nr. 4. . . . . | 23,7 % |
| Nr. 5. . . . . | 10,3 % |
| Nr. 6. . . . . | 14,1 % |
| **Im Mittel . . .** | **16,0 %.** |

Man erkennt, wie mit der Zeit der Quellung die anfängliche Differenz sich mehr und mehr steigert. —

Auf zwei aus vorstehender Beobachtung sich noch weiter ergebende Thatsachen habe ich noch schliesslich aufmerksam zu machen.

Erstens, dass die geruhten Muskeln eher abstarben als die tetanisirten, obwohl sie in der gleichen Quellungsflüssigkeit in je 30 CC. lagen ganz unter den gleichen äusseren Bedingungen.

Und zweitens, dass die anfänglich in den Muskel eingetretene Wassermenge bei 6 Stunden Quellungszeit sich bei längerer Dauer der Quellung wieder zu vermindern im Stande war.

Betrachten wir zuerst das erste dieser beiden Ergebnisse des Experiments, und fragen uns nach dem Grunde für die Erscheinung des rascheren Absterbens der geruhten Muskeln im Gegensatz zu den tetanisirten. Es unterliegt nach theoretischen Betrachtungen und nach den Ergebnissen meiner in der Folge mitzutheilenden Experimente über die Wirkung der Muskelzersetzungsproducte auf die Lebenseigenschaften des Muskels selbst, keinem Zweifel, dass das Absterben des Muskels eine Folge der in ihm sich anhäufenden Muskelzersetzungsproducte, der Milchsäure und des Kreatins sei. Je rascher die Anhäufung der selben vor sich geht, desto rascher erfolgt das Absterben.

Es ist daraus einleuchtend, dass der geruhte Muskel, der noch im Vollbesitz seines gesammten zersetzbaren säurebildenden Stoffes sich befindet, dadurch in Beziehung auf die Dauer seiner Erregbarkeit im Nachtheile ist gegenüber dem tetanisirten, der schon einen nicht unbeträchtlichen Theil seiner die Leistungsfähigkeit durch ihre Zersetzung und Anhäufung ihrer Zersetzungsproducte vernichtenden Stoffe verloren hat. Er wird darum, da er weniger Zersetzungsproducte in einer gegebenen Zeit zu bilden vermag, länger reactionsfähig bleiben als der scheinbar unter günstigeren Bedingungen sich befindende geruhte Muskel.

So erklärt sich sehr einfach im Zusammenhang mit all unseren bisherigen Anschauungen dieses anfänglich so abnorm erscheinende Verhältniss. Die später mitzutheilenden Versuche über Wiederherstellung der Muskelleistungsfähigkeit nach dem Tetanus durch Diffusion — Auswaschen — wird auch noch ein klares Licht auf die eben besprochene Erscheinung werfen.

Das Zweite, was wir noch zu besprechen haben, giebt uns wie mir scheint einen Fingerzeig, wie wir uns im lebenden Organismus die

Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Muskels in Beziehung auf das aufgenommene Wasser nach dem Tetanus zu denken haben.

Wir haben gesehen, dass der Muskel durch den Tetanus bei Fortbestand der Circulation eine nicht unbedeutende Menge von Wasser in sich aufnimmt. Was für Störungen in den normalen Stoffvorgängen innerhalb des Muskels daraus hervorgehen müssen, habe ich schon im ersten Capitel ausführlich besprochen. Die uns eben vorliegende Beobachtung, dass der Muskel im Stande ist, seine nach dem Tetanus aufgenommene Wassermenge aus inneren Ursachen wieder aus sich herauszupressen, zeigt uns die Art und Weise, wie der Muskel die Wirkung seiner Zersetzungsproducte wieder auszugleichen vermag. Es muss dies den Effect haben, dass nach einiger Zeit die Wirkungen des Tetanus auf die Muskeln wieder vollkommen verschwunden sind.

Der Vorgang scheint sich mir so zu gestalten. Der gutleistungsfähige Muskel, der wenig Zersetzungsproducte in sich erhält, hat nur ein sehr geringes Quellungsvermögen, es besteht in ihm eine Reaction gegen das Eindringen von Wasser, welche die Muskelsubstanz befähigt, sich in seiner normalen Stoffanordnung zu behaupten. Häufen sich mehr Zersetzungsproducte an, so nimmt nicht nur sein Quellungsvermögen zu, sondern auch die Energie seiner Lebenseigenschaften ab, da ja letztere, wie schon angedeutet, im umgekehrten Verhältniss zu der Menge in ihm angehäufter Zersetzungsproducte stehen. Der Muskel nimmt infolge dieser beiden Momente eine bestimmte Wassermenge in sich auf, er wird wasserreicher. Im Gefolge der Wasseraufnahme geht aber wieder eine Verminderung der Zersetzungsproducte, die ja für das eintretende Wasser aus dem Muskel austreten, einher. So heben sich die Lebenseigenschaften des Muskels wieder, und er wird in den Stand gesetzt, sein Beharrungsvermögen auf einer bestimmten chemischen Zusammensetzung neu zu entfalten, er presst das überschüssig aufgenommene Wasser wieder aus sich heraus. —

Dass es sich bei der Mehraufnahme von Wasser bei der Quellung in Wahrheit um ein der Wasseraufnahme entsprechendes Austreten diffundirbarer Stoffe handele, beweisen noch zum Ueberfluss die in der letzten Haupttabelle zusammengestellten Trockenbestimmungen. Während die tetanisirten Muskeln anfänglich eine geringere Menge fester Stoffe zeigen als die geruhten, zeigen in der zweiten Bestimmung die nun absolut wasserreicher gewordenen geruhten Muskeln eine der

Wassermehraufnahme entsprechende Verminderung ihrer festen Bestandtheile. —

Wir haben so nach allen uns zugänglichen Seiten den Satz, den wir anfänglich als Hypothese aufgestellt haben, beleuchtet:

Die Vermehrung des Wassergehaltes des Muskels durch den Tetanus bei Fortbestand der Circulation beruht auf einer Wirkung der Diffusion zwischen der durch den Tetanus an diffundirbarem Stoffe reicher gewordenen Muskelsubstanz und den umgebenden Flüssigkeiten: Blut und Lymphe.

Der Satz muss nun als vollkommen feststehend angesehen werden.

Wir waren nicht nur im Stande, experimentell nachzuweisen, dass das im tetanisirten Muskel sich mehr findende Wasser nicht an Ort und Stelle durch Oxydation von Muskelstoffen entstehe; — wir fanden nicht nur das Blut entsprechend der Verminderung der Concentration des Muskelsaftes durch den Tetanus concentrirter; — sondern wir haben mit aller Sicherheit das grössere Quellungsvermögen des tetanisirten Muskels gegenüber dem geruhten zu erweisen vermocht.

In allen Einzelbeobachtungen unter möglichster Variation der Versuchsbedingungen fanden wir unseren Satz auf das Vollkommenste bestätigt, sodass wir nun getrost einen weiteren Schritt vorwärts wagen dürfen.

## § 5.

## Resultate.

Die directen Hauptversuchsergebnisse des vorstehenden Capitels sind folgende:

1. Die mit Ausschluss der Blutcirculation — ausgeschnitten — tetanisirten Muskeln zeigen keine erkennbare Vermehrung ihres Wassergehaltes.

2. Das Blut wird durch den Tetanus concentrirter, wasserärmer und reicher an festen Stoffen, und zwar im entsprechenden Maasse, als der Muskel das correspondirende, entgegengesetzte Verhalten zeigt: d. h. man ist im Stande, im Blute die bei dem Tetanus aus dem Muskel ausgetretenen Stoffe wiederzufinden.

3. Der lebende bei Ausschluss der Circulation teta-

nisirte Muskel zeigt im Vergleiche mit dem lebenden geruhten Muskel ein höheres Quellungsvermögen.

4. Der Unterschied im Quellungsvermögen des lebenden Muskels vor und nach dem Tetanus verschwindet mit der Ausbildung der Todtenstarre.

5. Der unter Einfluss der Circulation tetanisirte Muskel zeigt ein geringeres Quellungsvermögen als der geruhte, da ein Theil seiner die Quellung vermittelnden Stoffe schon durch das Blut ausgewaschen ist.

6. Die Vermehrung des Wassergehaltes des Muskels durch den Tetanus bei Fortbestand der Circulation beruht auf einer Wirkung der **Diffusion** zwischen den durch den Tetanus an diffundirbarem Stoffe reicher gewordenen Muskelsubstanz und den umgebenden Flüssigkeiten: Blut und Lymphe.

---

## Viertes Capitel.

### Die Extractivstoffe des Muskels im Allgemeinen.

§ 1.

**Methode.**

In den vorstehenden Capiteln der Untersuchung ist unsere Kenntniss des chemischen Vorgangs im Muskel während seiner Bewegung nicht unbedeutend erweitert worden.

Der Vorgang der Bewegung ist im Muskel nicht nur mit einer Stoffzersetzung, sondern auch mit einem Stoffverluste verbunden.

Der Vorgang des Stoffverlustes wurde in den vorstehend mitgetheilten Untersuchungen uns nur im Allgemeinen bekannt; worauf, auf welche der verschiedenen Muskelstoffe, ob auf einen oder auf alle er sich beziehe, ist uns noch vollkommen unbekannt. Die Beobachtung über die Vermehrung des Kreatins im bewegten Muskel spricht sogar dafür, dass, neben dieser allgemeinen Abnahme des Muskels an festen Stoffen, einzelne seiner Bestandtheile vermehrt erscheinen können.

Es wird unsere Aufgabe sein, in den folgenden Capiteln die Untersuchung auf die Mengenverhältnisse der einzelnen Muskelstoffe vor uns nach dem Tetanus auszudehnen. Es darf uns nicht verwundern, wenn wir nach dem Beispiele des Kreatins im Laufe derselben vielleicht auf scheinbare Ausnahmen von dem Gesetze des Stoffverlustes durch Bewegung geführt werden sollten.

Betrachten wir zuerst die Gesammtmenge der Wasserextractivstoffe des Muskels. Auch hier werden wir wieder, wie bei den vorstehenden Versuchen unsere Beobachtung zuerst an dem lebenden Thiere bei Bestand der Blutcirculation anzustellen haben. Dadurch charakterisiren sich die folgenden Versuche auf das deutlichste von denjenigen, welche von Helmholtz am ausgeschnittenen Muskel angestellt wurden. Wir werden jedoch später noch nachzuweisen haben, dass auch im ausgeschnittenen Muskel, ganz unabhängig von der Blutcirculation mit der Muskelaction eine Stoffabnahme verbunden sei.

Es ist kaum zu erwarten, dass durch die bisher angewendeten Methoden der quantitativen Extractbestimmung eine Gewichtsabnahme in den Grenzen, in welchen sich die hier in Frage kommende bewegt, hätte wahrgenommen werden können. So erklärt es sich, dass wir in der schon oft citirten classischen Arbeit von Helmholtz über die Extractivstoffe des Muskels keine sicheren Angaben über die Gesammtmenge der Wasserextractivstoffe des ruhenden im Vergleiche mit denen des tetanisirten Muskels finden. Es findet sich dagegen die Angabe, dass im Allgemeinen die Zunahme der in Alkohol löslichen Extractivstoffe der Abnahme der in Wasser löslichen entsprochen habe, d. h. die Gesammtmenge der Extractivstoffe des ausgeschnittenen Muskels vor und nach dem Tetanus scheint keine wahrnehmbare Verminderung oder Vermehrung zu zeigen.

Dieses Resultat ist nicht im Stande, uns von einer vergleichenden Untersuchung der Gesammtmenge der Extractivstoffe abzuhalten. Die Verhältnisse bei der Muskelaction im lebenden Organismus müssen sich — wie dies auch Helmholtz vermuthet — sicher unter dem Einfluss der Circulation anders stellen als ohne dieselbe. Abgesehen hiervon bietet uns die Anwendung des Strychnintetanus durch die uns schon bekannte enorme Stärke seiner Wirkung die Bürgschaft für verhältnissmässig starke, nicht leicht zu übersehende Veränderungen. —

Wer nach den bisher geläufigen Methoden Extractbestimmungen

in thierischen Stoffen schon vorzunehmen Gelegenheit gehabt hat, weiss, mit welchen fast unübersteiglichen Schwierigkeiten der physiologische Chemiker hiebei zu kämpfen hat. Wie schwer ist es, die Gesammtmenge des Extractes aus dem zu untersuchenden Gebilde herauszubekommen. Wie massenhaft häufen sich hiebei die zur Extraction benutzten Flüssigkeiten an. Wie unreinlich wird dadurch auch unter geschickten Händen die gesammte Manipulation. Und wenn man nun endlich die schmierige Masse zur Trockene gebracht hat, wer ist im Stande, dieselbe ohne eine ganz uncontrolirbare Zunahme des Gewichtes durch Wasseranziehung zu wägen? Alle diese Umstände vereinigten sich, um die quantitativen Bestimmungen, durch diese Methoden gewonnen, in ihrem Werthe sehr bedeutend zu beeinträchtigen.

Ich glaube Manchem, der sich mit analogen Untersuchungen beschäftigt, einen Dienst damit zu erweisen, wenn ich die von mir benutzte Methode der quantitativen Extractbestimmung genauer mittheile; da diese von der Mehrzahl der genannten Schwierigkeiten und Fehlerquellen zwar auch nicht absolut frei ist, dieselben jedoch auf ein Minimum reducirt hat.

Die Methode sieht von vornherein davon ab, die ganze in dem Muskel enthaltene Extractmenge direct zu bestimmen, ein Vorhaben, welches, wie bekannt, fast vollkommen unmöglich auszuführen ist. Es genügt, einen bestimmten Theil der Gesammtmenge der Muskelflüssigkeit, wenn letztere festbestimmbar ist, in dieser Richtung zu untersuchen. Das gewonnene Resultat wird sich sodann auf den Gesammtmuskel beziehen lassen. Es wird dieser Gedanke am einfachsten an einem Beispiel sich klar machen lassen.

### Probeversuch für die Methode der Bestimmung der Wasserextractmenge des Muskels.

Die nachstehend mitgetheilte Bestimmung der Wasserextractmenge in gleichnamigen Muskeln eines und desselben Individuums wurde zu dem Zwecke unternommen, die in Anwendung gezogene Methode auf ihre Genauigkeit zu prüfen.

Gleichnamige Muskeln desselben Thieres mussten zur Bestimmung darum gewählt werden, weil die Wasserbestimmungen an verschiedenen Muskeln desselben Individuums gelehrt haben, dass die Gesammtmenge

an festem Stoffe, und damit vielleicht auch die Gesammtmenge an Extract, in nicht unbedeutenden Grenzen schwanken könne. Wir werden sogleich sehen, dass der Wassergehalt des Muskels bei unserer Bestimmungsmethode eine nicht unwichtige Rolle spielt.

Das Versuchsverfahren ist im Principe folgendes:

Ein bestimmtes Gewicht Muskel, welches man solange in wenig Wasser erhitzt hat, bis alles Eiweiss im Muskelsafte geronnen und unlöslich in Wasser geworden ist, und dessen Wassergehalt vor und nach dem Erhitzen genau bekannt ist, wird nach dem vollkommenen Erkalten, um möglichst ein Auflösen von Leim zu vermeiden, möglichst zerkleinert und mit einer gemessenen Menge Wassers versetzt, dessen Menge mit Hinzurechnung des im Muskel nach dem Erhitzen noch enthaltenen Wassers eine bekannte, beliebige, aber womöglich, zur Vereinfachung der Rechnung, runde Zahl beträgt. Die Gesammtmasse des Muskels und Wassers wird mit sorgfältiger Vermeidung eines Gewichtsverlustes durch Verdunstung von Wasser solange ruhig gestellt, bis man annehmen kann, dass durch Diffusion sich die löslichen Bestandtheile des Muskels gleichmässig in der gesammten Flüssigkeitsmenge vertheilt haben — 18 bis 24$^h$, — eine gemessene Menge der von den ungelösten Muskelstoffen abfiltrirten Flüssigkeit wird dann zur Trockne gebracht und gewogen. Aus dem hiebei gefundenen Gewicht an Extractivstoffen rechnet man die Gesammtmenge derselben in dem untersuchten Muskel.

Nach diesen Vorbemerkungen wird der Versuchsmodus im Einzelnen leicht verständlich sein.

Wasserextractbestimmung im Froschmuskel:

1. Von den zwei zu diesem Versuche verwendeten Fröschen wurden die rechten Hinterschenkel nach vollständiger Entfernung des Blutes aus denselben zur ersten Bestimmung verwendet.

Die Fleischmasse betrug = 10,83 Gramm. Sie wurde mit einer geringen aber unbestimmten Gewichtsmenge Wassers 20 Minuten lang gekocht. Nach dem Kochen und vollkommenen Erkalten wurde das Fleisch mit dem noch übrigen Wasser zurückgewogen; das Gewicht betrug nun 11,55 Gramm.

Im Mittel aus allen den Wasserbestimmungen, die von mir in gleicher Jahreszeit am Froschmuskel vorgenommen wurden, betrug der Gehalt desselben an festen Stoffen: 20,4 %.

In 10,53 Gramm Fleisch sind demnach
2,21 „ feste Stoffe.

Ebensoviel feste Stoffe sind natürlich noch enthalten in dem Fleisch nach dem Kochen. Es ergiebt sich demnach:

11,55 Gramm Gesammtmasse,
— 2,21 „ feste Stoffe,

= 9,34 Gramm = CC. Wasser.

Nach dem Nachwiegen wurde der gekochte Muskel in eine kleine Porzellanreibschale gebracht und dort zu einem sehr feinen Brei zerrieben mit Zusatz von etwas Wasser. Das Wasser lief aus einer Bürette, also gemessen, zu.

Dieser feine Brei wurde vorsichtig in ein gut verschliessbares Kölbchen gebracht und alle zu der bisherigen Manipulation verwendeten Gefässe und Instrumente mit Wasser, das aus der Bürette zugelassen wurde, — die Bürette ist ganz gut als Sprützflasche zu benutzen, wenn sie bequem gestellt ist, — abgespült; das Spülwasser in dem Kölbchen mit der übrigen Masse vereinigt.

Wie gesagt, sollte die Gesammtmenge des in dieser Emulsion befindlichen Wassers eine runde Zahl betragen. Hier sollte diese Zahl = 100 CC. sein. Da nun in der angewendeten Masse schon 9,34 CC. = Grammen Wasser enthalten waren, so mussten um 100 CC. zu bekommen, noch 90,67 CC. = 90,7 CC. zugesetzt werden; so viel wurde als Spülwasser verbraucht.

Die Emulsion blieb nun in dem Glaskölbchen, welches gut verkorkt war, 18$^{h}$ stehen.

Nach dieser Zeit wurde die auf der festen Substanz stehende Flüssigkeit auf ein kleines Filter gebracht, der Trichter mit einer gut schliessenden Glasplatte bedeckt und die ablaufende Flüssigkeit in einem Glaskölbchen mit sehr engem Halse aufgefangen. Dies und das Bedecken des Trichters hatte den Grund, Verdunstung möglichst zu vermeiden.

Die ablaufende Flüssigkeit ist vollkommen eiweissfrei, klar wie Wasser; nur in sehr dicken Schichten etwas opalescirend, farblos.

25 CC. derselben wurden, also der vierte Theil der Gesammtflüssigkeitsmenge, davon abgemessen und zur Trockene verdunstet.

Zu diesem Behufe wendete ich grosse und ziemlich tiefe Uhrscha-

len an, die etwas über 30 CC. Flüssigkeit auf einmal aufnehmen konnten. Dieselben waren an ihrem Rande sehr genau geschliffen, sodass sie mit einer mattgeschliffenen dünnen Glasplatte von der Grösse des äusseren Randes der Uhrschalen vollkommen luftdicht verschlossen werden konnten. Der Verschluss war durch ein Kautschukband befestigt. In diesen Apparat, der vorher genau auf einer chemischen Wage gewogen worden war, wurden die 25 CC. der Flüssigkeit gebracht und im Trockenkasten bei der Temperatur des siedenden Wassers zur Trockene eingedampft. Die trockene Masse kam noch auf 24 h unter die Luftpumpe. Das Gewicht wurde dadurch constant. Die Apparate nahmen auch auf der Wage durchaus nicht an Gewicht zu, zum Beweis, dass kein Luftzutritt zu den Extracten statthatte.

Die so gewonnenen Extracte sind bei vorsichtigem Trocknen fest und von fast absolut weisser Farbe. Erst bei längerem Trockenstehen bei 100° C. wird die Farbe leicht bräunlich. Der Geruch ist sehr gering, bei längerem Erhitzen bratenartig. Die ganze Masse hat ein krystallinisches Aussehen, meist nur in der Mitte und Tiefe der Glasschale ist sie vollkommen amorph. Eiweiss ist auch nicht spurweise darin enthalten, jedoch stets, obwohl das Extract kalt gemacht wurde, etwas Leim. Dies ist der Grund, warum bei vergleichenden Versuchen sowohl die Dauer des Kochens des Fleisches, als die zur Extraction angewendete Wassermenge und Diffusionszeit ganz gleichmässig sein muss, um den bestehenden Versuchsfehler möglichst constant zu erhalten.

Gehen wir auf unseren speciellen Versuch zurück.

Die besprochenen 25 CC. Flüssigkeit wurden zur Trockene gekocht und gewogen. Das Gewicht des Rückstandes betrug:

0,0890 Gramm.

Es ist dies — 25 CC. : 100 CC. — der vierte Theil der Gesammtmenge der Extracte der zur Untersuchung verwendeten Muskeln.

In 10,8315 Grammen Muskel sind
0,0890 · 4 Gramm
= 0,356 Gramm Extract,
10,8315 : 0,356 = 100 : 328.

Die Gesammtmenge der Extracte in dem untersuchten Muskel beträgt: **3,28 %** der feuchten Masse.

Nach dieser ausführlichen Besprechung und auf dieselbe zum Verständniss verweisend kann ich den zweiten Theil des Versuches um so kürzer darstellen.

**2.** Extractbestimmung in den zwei linken Hinterschenkeln desselben Froschpaares.

| | | |
|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 11,1178 Gramm, | |
| „ gekocht in Wasser . . . | 12,80 „ | |
| Im frischen Muskel feste Stoffe . . | 2,28 „ | |
| demnach im gekochten Muskel Wasser | 10,52 „ | = CC. |
| Dazu als Waschflüssigkeit Wasser . | 89,5 „ | = CC. |
| Dadurch die Gesammtwassermenge . | 100 „ | = CC |
| davon 25 CC. eingedampft. | | |
| Die 25 CC. enthielten Extract . . | 0,0911 „ | |
| In 11,1178 Gramm Fleisch demnach die Gesammtextractmenge . . . | 0,3644 „ | |
| 100 Gramm Fleisch enthalten demnach . . . . . | 3,27 „ | |

Die Gesammtmenge der Wasserextracte in dem untersuchten Muskel beträgt demnach: **3,27** % der feuchten Masse.

Die Untersuchung der gleichnamigen Muskeln derselben Thiere ergab vorher **3,28** %. Der Unterschied ist nur = 0,01 %.

---

Der im Vorstehenden mitgetheilte Versuch spricht deutlich genug dafür, dass die in Anwendung gezogene Methode in ganzer Ausdehnung ihren Zweck erfülle. Die a priori nicht zurückzuweisenden Bedenken gegen die Methode:

1. trotz aller Vorsicht ist doch eine Wasserverdunstung nicht vollkommen auszuschliessen;

2. ein wenn auch noch so geringer Theil der Waschflüssigkeit bleibt an den Gefässen, die in Anwendung gezogen wurden, hängen und geht uncontrolirt verloren;

3. die Uebertragung von Wassergewicht auf Volum ist stets mit Fehlern verbunden;

4. die Concentration der Flüssigkeit im Innern der Muskelbündel ist vielleicht eine andere als ausserhalb derselben,

sind durch den Versuch als vollkommen einflusslos auf das Gesammtresultat widerlegt.

## § 2.

### Bestimmung der Wasserextractmenge des ruhenden und tetanisirten Muskels unter Einfluss der Circulation.

Nach Darlegung der Methode, nachdem gezeigt worden ist, dass dieselbe allen Anforderungen, die an eine solche in Betreff der Genauigkeit gemacht werden können, in vollkommener Weise entspricht, kann an die Darlegung der mit ihrer Hülfe gewonnenen Resultate gegangen werden.

Der Versuchsplan war in Beziehung auf die Bestimmung der Extracte im Allgemeinen der gleiche, wie ich ihn schon bei der vergleichenden Wasserbestimmung angewendet habe. Auch hier wurde behufs der Untersuchung des ruhenden Muskels dem Frosche das eine Bein abgebunden. Alle Vorsichtsmaassregeln, die in Betreff der Verdunstung, des im Muskel zurückbleibenden Blutes etc. getroffen wurden und getroffen werden müssen, um vergleichbare Resultate zu erlangen, sind schon im zweiten Capitel bei der Darlegung der Methode angegeben worden. Ich verweise an diesem Orte auf diese Darlegung mit dem Bemerken, dass keine der dort angegebenen Vorsichtsmaassregeln hier unterlassen wurde. Wie bei dem im Vorstehenden ausführlich besprochenen Probeversuch wurden auch hier je zwei Frösche zu einer Untersuchung verwendet; von jedem je ein Hinterbein.

Da die Untersuchung von Wichtigkeit für unsere Frage ist, werde ich auch hier, wie bei den vergleichenden Wasserbestimmungen, die ganzen Versuchsprotokolle mittheilen. Als Mittelzahl für den Wassergehalt des ruhenden Muskels wurden 79,6%, für den des tetanisirten 81,7% angenommen.

#### Versuche.

Vergleichende Bestimmung der Wasserextractmenge des ruhenden und tetanisirten Muskels unter dem Einflusse der Circulation.

Nr. I.

1. ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 7,85 Gramm. |
| - gekocht . . . . . | 7,00 - |
| 7,85 Gramm Muskel enthalten feste Stoffe | 1,60 - |

In 7,00 Grammen gekochtem Fleische sind
demnach noch enthalten an Wasser . . 5,40 Gramm.
5,40 CC. Aq. + 54,6 CC. — 60 CC. = Gramm Aq.
Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extractivstoffen
enthalten . . . . . 0,1891 Gramm.
Demnach in 7,85 Grammen Fleisch . . 0,3782 -
7,85 : 100 = 0,3782 : 4,81.

In dem ruhenden Muskel sind enthalten **4,81 %** Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.
Muskel frisch . . . . . 8,60 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 9,40 -
8,60 Gramm Fleisch enthalten feste Stoffe 1,60 -
In 9,40 Grammen gekochtem Fleische sind
demnach an Wasser enthalten . . . 7,8 -

7,80 CC. + 52,2 CC. = 60 CC. Aq., davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extractiv-
stoffen enthalten . . . . . 0,1888 Gramm.
Demnach in 8,60 Grammen Fleisch . . 0,3776 -
8,60 : 100 = 0,3776 : 4,39.

In dem tetanisirten Muskel sind enthalten **4,39 %** Extractivstoffe.
Der ruhende Muskel enthielt **4,81 %** an Extractivstoffen.

Es findet sich demnach in dem tetanisirten Muskel eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe und zwar um **0,44 %** der feuchten Muskelmasse und um **12,3 %** der Gesammtextractmenge.

Nr. II.

1. ruhender Muskel.
Muskel frisch . . . . . 8,65 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 9,10 -
8,65 Gramm Fleisch enthalten feste Stoffe 1,76 -
9,10 Gramm gekochtes Fleisch an Wasser 7,34 -
7,34 CC. + 52,7 CC. = 60 CC. Aq.
Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extractiv-
stoffen enthalten . . . . . 0,2200 Gramm.

Demnach in 8,65 Grammen Fleisch . . 0,4400 Gramm.

8,65 : 100 = 0,44 : 5,08.

Im ruhenden Muskel sind enthalten **5,08 %** Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.

Muskel frisch . . . . . 9,60 Gramm.

- gekocht + Wasser . . . . . 13,15 -

9,6 Gramm Fleisch enthalten feste Stoffe 1,76 -

13,15 Gramm gekochtes Fleisch an Wasser 11,4 -

11,4 CC. + 48,6 CC. = 60 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.

In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extractivstoffen enthalten . . . . . 0,2303 Gramm.

9,60 Gramm Fleisch demnach . . . . 0,4606 -

9,6 : 100 = 0,4606 : 4,79.

Im tetanisirten Muskel sind enthalten **4,79 %** Extractivstoffe.

Im ruhenden Muskel **5,08 %**.

Es findet sich demnach im tetanisirten Muskel eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe und zwar um **0,29 %** des feuchten Muskels und um **8 %** der Gesammtextractmenge.

## Nr. III.

1. ruhender Muskel.

Muskel frisch . . . . . 7,75 Gramm.

- gekocht + Wasser . . . . . 9,30 -

In 7,75 Grammen Muskel sind feste Stoffe 1,60 -

Demnach in 9,30 Grammen gekochte Muskel Wasser . . . . . 7,7 • -

7,7 CC. + 52,3 CC. = 60 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.

In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extracten enthalten . . . . . 0,1418 Gramm.

In 7,75 Grammen Muskel . . . . . 0,2823 -

7,78 : 100 = 0,2823 : 3,66.

Im ruhenden Muskel sind enthalten **3,66 %** Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.

Muskel frisch . . . . . 8,45 Gramm.

- gekocht + Wasser . . . . . 12,10 -

In 8,45 Grammen Muskel sind feste Stoffe 1,60 Gramm.
Demnach in 12,1 Grammen gekochten
Muskel Wasser . . . . . 10,5 -
10,5 CC. + 49,5 CC. = 60 CC. Aq.
Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extracten
enthalten . . . . . 0,1440 Gramm.
In 8,45 Grammen Muskel . . . . . 0,2880 -

8,45 : 100 = 0,288 : 3,40.

Im tetanisirten Muskel sind demnach enthalten **3,40** % Extractivstoffe.

Im ruhenden **3,66** %.

Es findet sich demnach eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe im tetanisirten Muskel und zwar um **0,26** % des feuchten Muskels und um **7,6** % der Gesammtextractivstoffe.

Nr. IV.

1. ruhender Muskel.

Muskel frisch . . . . . 6,40 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 14,45 -
In 6,4 Grammen Muskel sind feste Stoffe 1,30 -
Demnach in 14,45 Grammen gekochtem
Muskel Wasser . . . . . 13,1 -
13,1 CC. + 46,9 CC. = 60 CC. Aq.
Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extractivstoffen 0,1287 Gramm.
Demnach in 6,4 Grammen Muskel . . . 0,2574 -

6,4 : 100 = 0,2574 : 4,02.

Im ruhenden Muskel sind enthalten **4,02** % Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.

Muskel frisch . . . . . 7,50 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 16,80 -
In 7,50 Grammen Muskel sind an festen
Stoffen . . . . . 1,40 -
Demnach in 16,8 Grammen gekochtem
Muskel Wasser . . . . . 15,4 -
15,4 CC. + 44,6 CC. = 60 CC.

Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an
Extractivstoffen . . . . . 0,1420 Gramm.
In 7,5 Grammen Muskel . . . . . 0,2840 -

7,5 : 100 = 0,284 : 3,78.

Im tetanisirten Muskel sind an Extractivstoffen enthalten **3,78 %**; im ruhenden dagegen **4,02 %**.

Es hat demnach im tetanisirten Muskel eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe stattgefunden und zwar um **0,24 %** des feuchten Muskels und **6,3 %** der Gesammtmenge der im Muskel enthaltenen Extractivstoffe.

Nr. V.

1. ruhender Muskel.
Muskel frisch . . . . . 7,30 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 11,50 -
7,3 Gramm Muskel enthalten feste Stoffe 1,50 -
Demnach in 11,5 Grammen gekochtem
Muskel Wasser . . . . . 10,0 -

10 CC. + 50 CC. = 60 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an
Extractivstoffen . . . . . 0,1452 Gramm.
In 7,30 Grammen Fleisch demnach . . 0,2904 -

7,3 : 100 = 0,2904 : 3,97.

Im ruhenden Muskel sind demnach enthalten **3,97 %** Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.
Muskel frisch . . . . . 8,55 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 10,05 -
In 8,55 Grammen Fleisch sind enthalten
an festen Stoffen . . . . . 1,56 -
Demnach in 10,05 Grammen gekochtem
Muskel Wasser . . . . . 8,5 -

8,5 CC. + 81,5 CC. = 90 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an
Extractivstoffen . . . . . 0,0995 Gramm.

In 8,55 Grammen Fleisch . . . . . 0,2985 Gramm.

8,55 : 100 = 0,2985 : 3,49.

Im tetanisirten Muskel sind demnach enthalten **3,49 %** Extractivstoffe.

Im ruhenden Muskel waren enthalten **3,97 %**.

Es hat demnach im tetanisirten Muskel eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe stattgefunden und zwar um **0,48 %** der feuchten Muskelmasse und **13,7 %** der Gesammtmenge der Extractivstoffe im ruhenden Muskel.

Nr. VI.

1. ruhender Muskel.

Muskel frisch . . . . . 9,80 Gramm.

- gekocht + Wasser . . . . . 15,20 -

In 9,80 Grammen Muskel sind feste Stoffe 2,00 -

Demnach in 15,2 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . . 13,2 -

13,2 CC. + 46,8 CC. = 60 CC. Aq.

Davon 30 CC. eingetrocknet.

In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an Extractivstoffen . . . . . 0,1921 Gramm.

In 9,8 Grammen Muskel . . . . . 0,3842 -

9,8 : 100 = 0,3842 : 4,02.

Im ruhenden Muskel sind enthalten **4,02 %** Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.

Muskel frisch . . . . . 10,75 Gramm.

- gekocht + Wasser . . . . . 14,00 -

In 10,75 Grammen Fleisch sind feste Stoffe 1,97 -

Demnach in 14 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . . 12,1 -

12,1 CC. + 47,9 CC. = 60 CC.

Davon 30 CC. eingetrocknet.

In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an Extractivstoffen . . . . . 0,1813 Gramm.

In 10,75 Grammen Muskel . . . . . 0,3626 -

10,75 : 100 = 0,3626 : 3,37.

Es enthält demnach der tetanisirte Muskel **3,37 %** Extractivstoffe.

Im ruhenden Muskel waren enthalten **4,02 %**.

Es hat demnach im tetanisirten Muskel eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe stattgefunden und zwar um **0,65 %** des feuchten Muskels und **19,3 %** der Gesammtmenge der Extractivstoffe.

Nr. VII.

1. ruhender Muskel.

Muskel frisch . . . . . 10,45 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 13,05 -
In 10,45 Grammen Muskel sind feste Stoffe 2,13 -
Demnach in 13,05 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . . 10,90 -
10,9 CC. + 49,1 CC. = 60 CC. Aq.
Davon 30CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind enthalten an Extracten . . . . . 0,1896 Gramm.
In 10,45 Grammen Muskel . . . . . 0,3792 -
10,45 : 100 = 0,3792 : 3,55.

Im ruhenden Muskel sind enthalten **3,55 %** Extractivstoffe.

2. tetanisirter Muskel.

Muskel frisch . . . . . 11,55 Gramm.
- gekocht + Wasser . . . . . 12,00 -
In 11,55 Grammen Fleisch sind feste Stoffe 2,10 -
Demnach in 12,00 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . . 9,9 -
9,9 CC. + 50,1 CC. = 60 CC.
Davon 30 CC. eingetrocknet.
In 30 CC. Flüssigkeit sind an Extracten . 0,1758 Gramm.
In 11,55 Grammen Muskel . . . . . 0,3516 -
11,55 : 100 = 0,3516 : 3,02.

Im tetanisirten Muskel sind enthalten **3,02 %** Extractivstoffe.

Im ruhenden dagegen **3,55 %**.

Es hat demnach eine Abnahme der Gesammtmenge der Extractivstoffe im tetanisirten Muskel stattgefunden und zwar um **0,53 %** des feuchten Muskels und **17,5 %** der Gesammtmenge der Extractivstoffe im Muskel.

Um die Uebersicht über die gewonnenen Resultate zu erleichtern, stelle ich dieselben in folgender Tabelle zusammen. Es scheint zweckmässig, nur die procentischen Werthe einzureihen.

**Tabelle I.**

Vergleichende Wasserextractbestimmungen bei Fortbestand der Circulation.

| Versuchs-Nummer. | Zustand des untersuchten Muskels. 100 Gramm. | Gesammt-extractmenge. | Differenz der Extractmengen. | Die Differenz auf Procente der Gesammt-extractmenge berechnet. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | ruhend<br>tetanisirt | 4,81<br>4,39 | — 0,44 | — 12,3 % |
| 2. | ruhend<br>tetanisirt | 5,08<br>4,79 | — 0,29 | — 8 % |
| 3. | ruhend<br>tetanisirt | 3,66<br>3,40 | — 0,26 | — 7,6 % |
| 4. | ruhend<br>tetanisirt | 4,02<br>3,78 | — 0,24 | — 6,3 % |
| 5. | ruhend<br>tetanisirt | 3,97<br>3,49 | — 0,48 | — 13,7 % |
| 6. | ruhend<br>tetanisirt | 4,02<br>3,37 | — 0,65 | — 19,3 % |
| 7. | ruhend<br>tetanisirt | 3,55<br>3,02 | — 0,53 | — 17,5 % |
| **Im Mittel** | **ruhend**<br>**tetanisirt** | **4,25**<br>**3,75** | **— 0,4** | **— 10,6 %** |

Als Mittelzahlen aus den gefundenen Werthen berechnen sich demnach folgende:

Wasserextractmenge des ruhenden Muskels 4,25 %
„ „ tetanisirten „ 3,75 %
Procentische Differenz . . . . . 10,6 %.

Die in vorstehender Tabelle zusammengestellten Zahlen lassen in manchen Beziehungen die Klarheit vermissen, welche sich bei der Bestimmung des Wassergehaltes der ruhenden und tetanisirten Muskeln

in so überraschender Weise für einige Fragen über Leistungsfähigkeit des Muskels und den bei der Arbeit eintretenden Stoffverlust zu erkennen gegeben hatten.

Der Satz, den wir durch jene genannten Untersuchungen festgestellt haben:

> Der Stoffverlust bei der Muskelaction ist um so grösser, je grösser die Menge der festen Stoffe des Muskels vor der Thätigkeit ist;

lässt sich aus dieser Untersuchungsweise nicht nachweisen. Der Schluss, welchen sie gestattet, heisst einzig:

> Die Muskelaction ist mit einer Verminderung der Wasserextractivstoffe des Muskels verbunden und zwar im Mittel um 10,6 % der Extractmenge.

Wir haben damit nachgewiesen, dass an der Stoffabnahme des Muskels, die wir als Resultat des Tetanus erkannt haben, sich die Extractivstoffe mit betheiligen.

Diese Erfahrung liess sich a priori aus den bisher bekannten Thatsachen nicht erwarten.

Helmholtz selbstverständlich hatte bei seinen Untersuchungen der ausgeschnittenen, dem Kreislauf des Blutes entzogenen Muskeln diesen Satz nicht gefunden.

Liebig und Sarokow haben nachgewiesen, dass das Kreatin im Muskel nach Bewegung vermehrt ist.

Es wäre denkbar gewesen, dass die Gesammtmenge der Extracte, offenbar von zwei sich entgegenwirkenden Momenten beeinflusst, von welchen das eine Vermehrung, das andere Verminderung der Gesammtmenge anstrebt, auch eine Vermehrung nach dem Tetanus hätte zeigen können. Dem ist nicht so; das Moment der Verminderung herrscht vor.

Die Verminderung der Stoffmenge des Muskels nach dem Tetanus, welche sich auf eine Abnahme an Extractivstoffen bezieht, beträgt im Mittel:

**0,4 %,**

während der Gesammtverlust an festem Stoff bei Tetanus nach den Resultaten der vergleichenden Bestimmung des Wassergehaltes der ruhenden und tetanisirten Muskeln im Durchschnitt auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet:

**1,7 %**

betrug. Die Abnahme an Extractivstoffen im Muskel durch den Tetanus beträgt demnach nur ohngefähr $^1/_6$ der Gesammtmuskelabnahme an festen Stoffen.

## § 3.

### Zusammenhang der Gesammtmenge der Extractivstoffe mit der Leistungsfähigkeit des Muskels.

Da wir in diesen Versuchen bisher nicht im Stande waren, uns über den Zusammenhang der Gesammtmenge der Extractivstoffe in Beziehung zu der Leistungsfähigkeit des Muskels zu unterrichten, wohl doch aus mangelnder absoluter Genauigkeit der Resultate, so liegt es nahe, den zweiten Weg zur Beantwortung dieser Frage einzuschlagen, den wir im zweiten Capitel in Beziehung auf die Erkenntniss der Function des Wassers in der Zusammensetzung des Muskelgewebes eingeschlagen haben. Wir benützten dort, zur Erweiterung unserer Kenntnisse die Erfahrungen, welche die Untersuchung der Thierspecies in verschiedenen Lebensaltern, und verschiedener Species derselben Thierclasse geliefert hatten.

Leider liegt in dieser Beziehung für unsere Frage wenig brauchbares Material in der Literatur vor. Wieder sind es die Untersuchungen von v. Bibra, welche wenigstens einigen Aufschluss zu geben vermögen.

Er fand als Gesammtmenge des wässerigen Fleischextractes — d. h. der durch Erhitzen von Eiweiss befreiten, bei 100° abgedampften Fleischflüssigkeit:

| | |
|---|---|
| bei der Ente (zahm) . . . . | 4 % |
| Sperling . . . . . | 6 % |
| Schwalbe . . . . | 7 % |

auf 100 Gramm frisches Fleisch gerechnet.

Es ist dies, freilich mangelhaft genug, doch dasselbe Resultat, wie wir es bei den Bestimmungen der Gesammtmenge der festen Stoffe gefunden haben. Auch die Menge der Extractivstoffe des Fleisches scheint schon hiernach in einer directen Beziehung zu stehen mit der Leistungsfähigkeit der Muskeln. Thiere, welche vermöge ihrer Lebensart gezwungen sind, in der Zeiteinheit grössere Anstrengungen von ihren Muskeln zu verlangen als andere, zeigen eine grössere Gesammtmenge des Fleischextractes.

Unsere in der Tabelle mitgetheilten Zahlen widersprechen diesem Satze nicht.

Wir haben ebenfalls im zweiten Capitel nachgewiesen, dass sich das Gesetz der Leistungsfähigkeit des Muskels als Function seines Gehaltes an festen Stoffen bei Untersuchung der ungleichnamigen, verschieden thätigen Muskeln desselben Organismus scheinbar umkehre. Wir sahen gerade darin, dass die leistungsfähigsten Muskeln im Einzelorganismus zugleich die angestrengtesten sind, einen schönen Beweis für dies aufgestellte Gesetz.

Dasselbe Phänomen, dem wir dort begegneten, treffen wir auch hier. Folgende zwei Untersuchungen am Kaninchen werden über die hier obwaltenden Verhältnisse aufklären. Die Untersuchung wurde an zwei verschiedenen Kaninchen angestellt.

Vergleichende Bestimmungen der Wasserextractmenge der ungleichnamigen Muskeln des gleichen Thieres.

Nr. I.

Versuchsthier: Kaninchen.

1. Untersuchter Muskel vom Rücken.

| | |
|---|---|
| Fleischgewicht . . . . . | 32,98 Gramm. |
| Gesammtwassermenge . . . . . | 170 CC. |
| 25 CC. der Flüssigkeit enthielten Extracte | 0,2080 Gramm. |
| In 32,98 Grammen Fleisch waren demnach Extracte . . . . . | 1,4144 „ |

= 4,2 % Extracte.

2. Untersuchter Muskel vom Schenkel desselben Thieres.

| | |
|---|---|
| Fleischgewicht . . . . . | 29,29 Gramm. |
| Gesammtwassermenge . . . . . | 170 CC. |
| 25 CC. der Flüssigkeit enthielten Extracte | 0,1649 Gramm. |
| In 29,29 Grammen Fleisch waren demnach Extracte . . . . . | 1,102 „ |

= 3,83 % Extracte.

Der Schenkelmuskel, welcher auch weniger feste Stoffe im Allgemeinen enthält, besitzt auch weniger Extractivstoffe als der Rückenmuskel. Der Unterschied beträgt:

**0,37 %**

auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet.

Nr. II.

Versuchsthier: Kaninchen.

1. Untersuchter Muskel vom Rücken.

| | |
|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 27,02 Gramm. |
| Gesammtmenge des Wassers . . . . | 200 CC. |
| 50 CC. Flüssigkeit enthielten Extracte . | 0,3086 Gramm. |
| In 27,02 Grammen Fleisch waren demnach Extracte . . . . . | 1,2344 „ |

= 4,56 % Extracte.

2. Untersuchter Muskel vom Schenkel desselben Thieres.

| | |
|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 43,05 Gramm. |
| Gesammtmenge des Wassers . . . . | 200 CC. |
| 50 CC. Flüssigkeit enthielten Extracte . | 0,4672 Gramm. |
| In 43,05 Grammen Fleisch waren demnach Extracte . . . . . | 1,7688 „ |

= 4,14 % Extracte.

Der Unterschied in dem Gesammtgewicht der Extracte beträgt in dieser Untersuchung zum Nachtheile des Schenkelfleisches

**0,42 %**

auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet.

Es stellt sich aus beiden Untersuchungen heraus, dass ein gleiches Feuchtgewicht der verschiedenen Muskeln desselben Thieres je nach ihrer Thätigkeit im Leben verschiedene Extractmengen enthalten und zwar der thätigere weniger als der ruhendere: der Schenkelmuskel weniger als der Rückenmuskel, ganz analog der Erfahrung über den Gehalt der Muskeln an festen Stoffen im Allgemeinen.

## § 4.

### Beweis, dass die Wasserextractivstoffe des Muskels durch den Tetanus nicht nur eine relative, sondern eine absolute Verminderung erleiden.

Es würde nach den bisher erkannten Verhältnissen des Stoffverlustes des Muskels bei dem Tetanus, als dessen Hauptursache wir die Vorgänge der Diffusion zwischen Muskelflüssigkeit und Blut erwiesen haben, wohl verzeihlich erscheinen, wenn wir zur Erklärung des im § 2. nachgewiesenen Verlustes des Muskels an Wasserextractivstoffen

auch als einzigen Erklärungsgrund einen gesteigerten Diffusionsvorgang annehmen würden.

Doch geben uns die Resultate der Untersuchung von Helmholtz einen Fingerzeig dafür, dass neben den Einflüssen der Diffusion auch noch andere innere Vorgänge auf die Muskelwasserextractivstoffe vermindernd einwirken könnten. Die genannten Versuchsresultate scheinen darauf hinzudeuten, dass eine chemische Beeinflussung der durch ihre Zersetzung die Wasserextractivstoffe liefernden Muskelbestandtheile während des Tetanus sich einstelle, durch welche einem grösseren Theil der Abkömmlinge der besprochenen Stoffe die Fähigkeit, sowohl in eine wässerige Lösung überzugehen, als auch sich in Alkohol zu lösen, ertheilt würde.

Unsere Aufgabe muss aus diesem Grunde sein, durch das Experiment zu erfahren, ob die Verminderung der Wasserextractivstoffe eine nur relative oder eine absolute sei. Im letzteren Falle müsste sich eine Verminderung der Wasserextractivstoffe durch den Tetanus auch bei Muskeln, die den Einflüssen der Circulation während des Tetanisirens entzogen sind, nachweisen lassen. Ist dies der Fall, so ist damit jene innere, chemische Beeinflussung, durch welche die Resultate der Oxydation eine veränderte Richtung erhalten würden, wie sie eben vermuthungsweise angenommen wurde, als eine der durch den Tetanus eintretenden Veränderungen in dem Chemismus des Muskels bewiesen. Es würde uns damit ein Einblick in eine zweite Reihe von Stoffvorgängen im Muskel während seiner Thätigkeit eröffnet, auf der wir experimentell fortzubauen im Stande sein würden. —

Gehen wir sogleich zur Besprechung der zur Entscheidung der vorliegenden, wichtigen Frage angestellten Versuche.

Der Tetanus wurde an dem galvanischen Präparate ganz nach der im dritten Capitel, § 2. beschriebenen Art und Weise hervorgerufen. Die Methode ist an dem angegebenen Orte nachzusehen.

Die Methode der Extractbestimmung war vollkommen die im vorliegenden Capitel, § 1. besprochene.

Als Mittelzahl für den Muskelwassergehalt wurde 80 % angenommen. Das Uebrige ergeben die im Folgenden mitgetheilten Versuchsprotokolle, die ich möglichst vollständig gebe.

Es wurden stets drei Frösche zu einem Versuche verwendet.

### Versuche.

**Vergleichende Bestimmung der Gesammtwasserextractmengen des ruhenden und tetanisirten Muskels bei Ausschluss der Circulation.**

Nr. I.

Beginn des Tetanus: $3^h$ 48'
Ende des Tetanus: $5^h$ —

1. Ruhender Muskel.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 14,0 | Gramm. | |
| 14,0 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 11,2 | „ | |
| Bei dem Kochen kam an Wasser hinzu . | 10,3 | „ | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurde noch an Wasser verbraucht . . . . . | 78,5 | „ | |
| Die Emulsion enthält im Ganzen danach an Wasser . . . . . | 100 | „ | =CC. |
| Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten an Extractivstoffen . . . | 0,1304 | „ | |
| In 14 Grammen ruhendem Muskel waren danach enthalten . . . . . | 0,5216 | „ | |
| Auf 100 Gramm ruhendem Muskel berechnen sich Extractivstoffe | 3,72 | „ | |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 14,87 | Gramm. | |
| 14,87 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 11,9 | „ | |
| Bei dem Kochen kam noch hinzu . . . | 5,9 | „ | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurde noch an Wasser verbraucht . . . . . | 82,2 | „ | |
| Die Emulsion enthält danach im Ganzen an Wasser . . . . . | 100 | „ | =CC. |
| Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten an Extractivstoffen . . . | 0,128 | „ | |
| In 14,87 Grammen tetanisirtem Muskel waren demnach enthalten . . . . . | 0,5120 | „ | |
| In 100 Gramm tetanisirtem Muskel berechnen sich Extractivstoffe | 3,44 | „ | |

Der ruhende Muskel enthielt an Extractivstoffen: 3,72 %, der tetanisirte: 3,44 %. Es zeigt sich demnach bei dem tetanisirten Muskel eine Verminderung der Gesammtmenge der Wasserextractivstoffe um **0,28** % der feuchten Muskelmasse und **8,1** % der Gesammtextractmenge.

Nr. II.

Beginn des Tetanus: $2^h$ 50′
Ende des Tetanus: $4^h$ 16′.

1. Ruhender Muskel.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 13,8 | Gramm. | |
| 13,8 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 11,0 | „ | |
| Bei dem Kochen kam noch hinzu . . . | 10,8 | „ | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurde noch an Wasser verbraucht . . . . . | 78,2 | „ | |
| Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser . . . . . | 100 | „ | =CC. |
| Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten an Extractivstoffen . . . | 0,1313 | „ | |
| In 13,8 Grammen ruhendem Muskel waren danach enthalten . . . . . | 0,5252 | „ | |
| In 100 Grammen ruhendem Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **3,8** | „ | |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 14,08 | Gramm. | |
| In 14,08 Grammen Muskel ist Wasser . | 11,2 | „ | |
| Bei dem Kochen kam noch hinzu . . | 8,75 | „ | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurde noch an Wasser verbraucht . . . . . | 80,0 | „ | |
| Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser . . . . . | 100 | „ | =CC. |
| Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten an Extractivstoffen . . . | 0,1280 | „ | |
| In 14,08 Grammen tetanisirtem Muskel waren demnach enthalten . . . . . | 0,5120 | „ | |
| Auf 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **3,62** | „ | |

Der ruhende Muskel enthielt an Extractivstoffen: **3,8** %; der tetanisirte Muskel: **3,63** %. Es zeigt sich demnach bei dem tetanisirten Muskel eine Verminderung der Gesammtextractmenge um **0,17** % auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet und um **4,6** % der Gesammtextractmenge.

Nr. III.

Beginn des Tetanus: $4^h$ —
Ende des Tetanus: $5^h$ 45′.

1. Ruhender Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 13,9 Gramm. | |
| In 13,9 Grammen Muskel sind Wasser . | 11,1 ,, | |
| Bei dem Kochen kamen hinzu . . . . | 23,3 ,, | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht . . . . . | 65,6 ,, | |
| Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser . . . . . | 100 ,, | =CC. |
| Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten Extractivstoffe . . . . . | 0,1288 ,, | |
| In 13,9 Grammen ruhendem Muskel sind demnach enthalten . . . . . | 0,5152 ,, | |
| In 100 Grammen ruhendem Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **3,63** ,, | |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 14,07 Gramm. | |
| In 14,07 Grammen Muskel sind Wasser . | 11,3 ,, | |
| Bei dem Kochen kamen noch hinzu . . | 13,3 ,, | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht . . . . . | 75,4 ,, | |
| Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser . . . . . | 100 ,, | =CC. |
| Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten an Extractivstoffen . . . | 0,1154 ,, | |
| In 14,07 Grammen tetanisirtem Muskel sind demnach enthalten . . . . . | 0,4616 ,, | |
| In 100 Gramm. tetanisirtem Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **3,21** ,, | |

Der ruhende Muskel enthielt an Extractivstoffen: **3,61 %**; der tetanisirte: **3,21 %**. Es zeigt sich also eine Verminderung der Gesammtextractivstoffe bei dem tetanisirten Muskel um **0,42 %** auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet und um **13,0 %** der Gesammtextractmenge.

Nr. IV.

Beginn des Tetanus: $3^h$ 5′
Ende des Tetanus: $4^h$ 35′.

1. Ruhender Muskel.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 13,9 | Gramm | |
| 13,9 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 11,1 | „ | |
| Beim Kochen kamen noch hinzu . . . | 18,1 | „ | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht . . . . . | 70,8 | „ | |
| Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser . . . . . | 100 | „ | =CC. |
| Davon wurden 25 CC. eingedampft, sie enthielten Extractivstoffe . . . . . | 0,1130 | „ | |
| 13,9 Gramm ruhender Muskel enthielt demnach . . . . . | 0,4520 | „ | |
| In 100 Gramm ruhendem Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **3,25** | „ | |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 14,85 | Gramm | |
| 14,85 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 11,8 | „ | |
| Beim Kochen kamen hinzu . . . . . | 15,7 | „ | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurde noch an Wasser verbraucht . . . . . | 72,5 | „ | |
| Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser . . . . . | 100 | „ | =CC. |
| Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten Extractivstoffe . . . . . | 0,1095 | „ | |
| 14,85 Gramm tetanisirter Muskel enthielten also . . . . . | 0,4380 | „ | |
| In 100 Gramm tetanisirtem Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **2,94** | „ | |

Der ruhende Muskel enthielt **3,25** % Extractivstoffe; der tetanisirte: **2,94** %. Es ergiebt sich also eine Verminderung der Gesammtmenge der Extractivstoffe bei dem Tetanus um **0,31** % der feuchten Muskelsubstanz, und um **10,5** % der Gesammtextractmenge.

Nr. V.

Beginn des Tetanus: $8^h$ 30′
Ende des Tetanus: $10^h$ 11′.

1. Ruhender Muskel.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 13,05 | Gramm | |
| 13,05 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 10,4 | ,, | |
| Beim Kochen kamen noch hinzu . . . | 12,4 | ,, | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht . . . . . | 71,6 | ,, | |
| Die Emulsion enthielt also im Ganzen an Wasser . . . . . | 100 | ,, | =CC. |
| Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten Extractivstoffe . . . . . | 0,1110 | ,, | |
| 13,05 Gramm ruhender Muskel enthalten also . . . . . | 0,4440 | ,, | |
| In 100 Gramm ruhendem Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **3,4** | ,, | |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 13,7 | Gramm | |
| 13,7 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 11,0 | ,, | |
| Beim Kochen kamen noch hinzu . . . | 17,4 | ,, | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht . . . . . | 71,6 | ,, | |
| Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser . . . . . | 100 | ,, | =CC. |
| Davon wurden 25 CC. eingetrocknet, sie enthielten Extractivstoffe . . . . . | 0,1138 | ,, | |
| 13,7 Gramm tetanisirter Muskel enthalten also . . . . . | 0,4552 | ,, | |
| In 100 Gramm tetanisirtem Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **3,3** | ,, | |

Der ruhende Muskel enthielt **3,4** % Extractivstoffe; der tetanisirte **3,3** %. Es hat also während des Tetanus die Gesammtmenge der Extractivstoffe sich vermindert um **0,1** % auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet und um **3,0** % der Gesammtextractmenge.

Zur Erhöhung der Uebersichtlichkeit stelle ich die Resultate in folgender Tabelle zusammen, in die ich jedoch nur die procentischen Werthe aufnehme.

**Tabelle II.**

Vergleichende Bestimmung des Wasserextractes geruhter und tetanisirter Muskeln bei Ausschluss der Circulation.

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Versuchsobjectes. 100 Gramm Muskel. | Gesammtmenge des Wasserextractes % | Absolute Differenz der Extractmengen % | Differenz auf Procente der Wasserextractmenge berechnet. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | geruht<br>tetanisirt | 3,72<br>3,44 | 0,28 | 8,1 |
| 2. | geruht<br>tetanisirt | 3,50<br>3,63 | 0,17 | 4,6 |
| 3. | geruht<br>tetanisirt | 3,61<br>3,21 | 0,42 | 13,0 |
| 4. | geruht<br>tetanisirt | 3,25<br>2,94 | 0,31 | 10,5 |
| 5. | geruht<br>tetanisirt | 3,4<br>3,3 | 0,1 | 3,0 |
| **Im Mittel** | **geruht**<br>**tetanisirt** | **3,55**<br>**3,32** | **0,23** | **7,8** |

Das Resultat der vorstehend zusammengestellten Versuche ist äusserst auffallend:

Bei dem Tetanus des Muskels findet ganz unabhängig von den Wirkungen der Diffusion eine Verminderung der Menge seiner Wasserextractivstoffe statt, und zwar im Mittel um **7,8** % der Extractmenge und **0,23** % der feuchten Muskelmasse. Es beweist dieses Resultat, dass die bei

Fortbestehen der Circulation bei tetanisirten Muskeln beobachtete Verminderung der Wasserextractivstoffe im Mittel um 0,4 % nur zum kleineren Theil auf einem Stoffaustausch zwischen Blut und Muskel durch Diffusion vermittelt beruhe und zum grösseren Theil ihren Grund in einer Veränderung der chemischen Zersetzungsvorgänge im Muskel besitze. Nach den mir zu Gebote stehenden Versuchsresultaten fallen auf diese letztere Ursache [1]) über die Hälfte der Gesammtverminderung der Wasserextractivstoffe.

Wir haben damit das von Helmholtz zuerst beobachtete Phänomen der Verminderung der Wasserextractivstoffe durch den Tetanus unabhängig von Vermittelung der Diffusion gleichfalls aufgefunden, und zwar haben wir bewiesen, dass dieser Vorgang der Verminderung nicht nur, wie dies die Angaben von Helmholtz noch vermuthen lassen, ein relativer — im Verhältniss zur Vermehrung der Alkoholextractmengen — sei, sondern dass die fraglichen Stoffe eine absolute Verminderung durch den Tetanus erleiden.

## § 5.

### Alkoholextractbestimmungen.

Die im letzten § mitgetheilten Resultate sind äusserst wichtig, und zwingen uns, eine neue Reihe von Beobachtungen anzustellen.

Wir finden in dem lebenden Muskel nach dem Tetanus die Zersetzungsproducte ohne alle Frage vermehrt, wie dies nicht nur die Säurebestimmungen im Muskel direct, sondern auch meine oben mitgetheilten Quellungsversuche indirect zwingend ergeben. Trotzdem sind nach dem Absterben die Hauptzersetzungsproducte, als welche wir die Wasserextractivstoffe ansehen müssen, vermindert. Ich sage nach dem Absterben, da ja die Methode der Wasserextractbestimmung den Muskel nothwendig in den Zustand der Wärmestarre versetzt. Wir haben aus diesem Grunde bei den Wasserextractbestimmungen ein combinirtes Resultat vor uns, herbeigeführt erstens durch die Zersetzungsvorgänge während des Absterbens und zweitens durch die Stoffumänderungen in Folge des Tetanus.

Unsere im ersten Capitel mitgetheilten Versuche haben uns schon wahrscheinlich gemacht, dass die Gesammtgrösse der Stoffzersetzungen,

1) Siehe die eben mitgetheilten Mittelwerthe.

die der Muskel bis zur Todtenstarre zu erleiden vermag, wenn eine Stoffzufuhr durch das Blut ausgeschlossen wird, durch den Tetanus keine wesentliche Steigerung erfahre; dass beide Vorgänge aus einer und derselben Quelle schöpften; mit anderen Worten, dass im Muskel zu einer bestimmten Zeit nur eine bestimmte Menge zu physiologischen Zwecken — Tetanus und Todtenstarre — zersetzbares Stoffmaterial vorhanden sei. Wir sprachen die Ansicht aus, dass zwar momentan durch den Tetanus eine Steigerung der Zersetzungs- und Oxydationsvorgänge im Muskel erzielt werden könne, es schien uns aber wahrscheinlich, dass dadurch die im Augenblicke zu physiologischen Zersetzungen disponirte Stoffmenge keine Vermehrung erleide.

Es ist klar, dass uns nach den eben in § 4. mitgetheilten Erfahrungen ein Weg sich öffnet, diese Ansicht experimentell zu prüfen. Ist die Annahme gerechtfertigt, so muss der beobachteten Verminderung des einen Theiles der Extractivstoffe eine correspondirende, gleichgrosse Vermehrung des anderen Theiles entsprechen. Was auf der einen Seite verloren geht, muss auf der anderen wieder gewonnen werden.

Die Resultate der Helmholtz'schen Beobachtungen, die eine der von ihm beobachteten relativen Verminderung der Wasserextractivstoffe correspondirende relative Vermehrung des Alkoholextractes nachgewiesen haben, enthalten schon eine Bestätigung unserer Anschauung. Doch scheint es mir nicht unnöthig, auch dieses relative Verhältniss, wie ich es bei der Wasserextractbestimmung konnte, auf absolute Werthe zurückzuführen.

Es wurde zu diesem Zwecke eine Reihe Versuche angestellt, die Alkoholextractivstoffe quantitativ zu bestimmen.

Die Methode des elektrischen Tetanisirens war absolut die gleiche, wie sie bisher schon mehrfach angewendet wurde.

Auch die Art der Herstellung der Extracte war der bisher angewendeten sehr ähnlich. Nur fiel das Kochen weg, da die Coagulation des Eiweisses durch den kalt angewendeten Alkohol selbst hervorgebracht wurde. Auch hier wurde nur ein Theil der von dem Muskel abfiltrirten Flüssigkeit, die 24 Stunden wenigstens mit demselben in Berührung war, getrocknet und ihr Rückstand gewogen. Das im Muskel enthaltene Wasser wurde als Vermehrung des Gesammtvolumens der Flüssigkeit in Rechnung gebracht. Verdunstung wurde

möglichst sorgfältig vermieden. Die so gewonnenen Flüssigkeiten waren ganz eiweissfrei.

Im Folgenden theile ich wie bisher die ganzen Versuchsprotocolle mit. —

## Versuche.

### Vergleichende Bestimmung der Gesammtalkoholextractmengen im geruhten und tetanisirten Muskel bei Ausschluss der Circulation.

#### Nr. I.

4 Frösche.

Beginn des Tetanus: $8^h$ 30′

Ende des Tetanus: $10^h$ 15′.

1. Ruhender Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 19,13 Gramm | |
| 19,13 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 15,3 „ | = CC. |
| An Alkohol wurden zugesetzt . . . . | 94,7 CC. | |
| Die Gesammtflüssigkeitsmenge betrug demnach . . . . . | 110 „ | |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 50 „ | |
| 50 CC. enthielten an Extract . . . . | 0,1955 Gramm | |
| 19,13 Gramm ruhender Muskel enthalten also Alkoholextractivstoffe . . . . | 0,4301 „ | |
| Für 100 Gramm ruhenden Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **2,24** „ | |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 19,50 Gramm | |
| 19,5 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 15,6 „ | = CC. |
| An Alkohol wurde zugesetzt . . . . . | 94,3 CC. | |
| Die Gesammtflüssigkeitsmenge betrug demnach . . . . . | 110 „ | |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 50 „ | |
| 50 CC. enthielten an Extract . . . . | 0,2260 Gramm | |
| 19,5 Gramm Muskel enthielten also . . | 0,5016 „ | |
| Für 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **2,57** „ | |

Der ruhende Muskel enthielt: **2,24** % an Alkoholextractivstoffen; der tetanisirte **2,57** %. Es hat demnach durch den Tetanus eine Vermehrung der Alkoholextractivstoffe um **0,33** % der feuchten Muskelmasse stattgefunden und um **14,7** % der Gesammtalkoholextractmenge.

Nr. II.

4 Frösche.

Beginn des Tetanus: $9^h$ 45′
Ende des Tetanus: $10^h$ 50′.

1. Ruhender Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 23,0 Gramm | |
| 23,0 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 18,4 ,, | = CC. |
| An Alkohol wurde zugesetzt . . . . . | 81,6 CC. | |
| Die Gesammtflüssigkeitsmenge betrug . . | 100 ,, | |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 25 ,, | |
| 25 CC. enthielten Extract . . . . . | 0,1220 Gramm | |
| 23 Gramm Muskel enthielten also . . . | 0,4880 ,, | |
| Für 100 Gramm ruhenden Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **2,12** ,, | |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 23,75 Gramm | |
| 23,75 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 19,0 ,, | = CC. |
| An Alkohol wurden zugesetzt . . . . | 81,0 CC. | |
| Die Gesammtflüssigkeitsmenge betrug . . | 100 ,, | |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 25 ,, | |
| 25 CC. enthielten Extract . . . . . | 0,1400 Gramm | |
| 23,75 Gramm Muskel enthielten also . . | 0,5600 ,, | |
| Für 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **2,35** ,, | |

Der ruhende Muskel enthielt: **2,12** %, der tetanisirte: **2,35** % Alkoholextractivstoffe. Diese haben also durch den Tetanus zugenommen um **0,23** % der feuchten Muskelmasse und um **10,8** % der Gesammtalkoholextractmenge.

### Nr. III.

4 Frösche.

Beginn des Tetanus: $7^h$ 45′
Ende des Tetanus: $10^h$ —′.

1. Ruhender Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 21,7 Gramm | |
| 21,7 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 17,4 „ | = CC. |
| An Alkohol wurde zugesetzt . . . . . | 82,6 CC. | |
| Die Gesammtmenge der Flüssigkeit betrug dadurch . . . . . | 100 „ | |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 25 „ | |
| 25 CC. enthielten Extract . . . . . | 0,1212 Gramm | |
| 21,7 Gramm Fleisch also . . . . . | 0,4848 „ | |
| Für 100 Gramm ruhenden Fleisches berechnen sich Extractivstoffe | **2,23** „ | |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 22,65 Gramm | |
| 22,65 Gramm Fleisch enthalten Wasser . | 18,1 „ | = CC. |
| An Alkohol wurden zugesetzt . . . . | 81,9 CC. | |
| Die Gesammtmenge der Flüssigkeit betrug danach . . . . . | 100 „ | |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 25 „ | |
| 25 CC. enthielten Extract . . . . . | 0,1380 Gramm | |
| 22,65 Gramm Fleisch demnach . . . . | 0,5520 „ | |
| Für 100 Gramm tetanisirten Fleisches berechnen sich Extractivstoffe | **2,46** „ | |

Der ruhende Muskel enthielt an Extractivstoffen: **2,23 %**; der tetanisirte: **2,46 %**. Es ergiebt sich demnach durch den Tetanus eine Zunahme der Gesammtmenge der Alkoholextractivstoffe um **0,23 %** auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet, und um **10,3 %** der Gesammtalkoholextractmenge.

### Nr. IV.

4 Frösche.

Beginn des Tetanus: $8^h$ 30′
Ende des Tetanus: $9^h$ 30′.

1. Ruhender Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 19,15 Gramm | |
| 19,15 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 15,3 „ | = CC. |
| An Alkohol wurden zugesetzt . . . . | 84,7 CC. | |
| Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge . | 100 „ | |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 25 „ | |
| 25 CC. enthielten Extract . . . . . | 0,1188 Gramm | |
| 19,15 Gramm Muskel demnach . . . . | 0,4752 „ | |
| Für 100 Gramm ruhenden Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **2,48** „ | |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 19,05 Gramm | |
| 19,05 Gramm Fleisch enthalten Wasser . | 15,2 „ | = CC. |
| An Alkohol wurde zugesetzt . . . . . | 84,8 CC. | |
| Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge . | 100 „ | |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 25 „ | |
| 25 CC. enthielten Extract . . . . . | 0,1265 Gramm | |
| 19,05 Gramm Muskel also . . . . . | 0,5060 „ | |
| Für 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich Extractivstoffe | **2,66** „ | |

Der ruhende Muskel enthielt an Alkoholextractivstoffen: **2,48 %**; der tetanisirte: **2,66**. Durch den Tetanus hat also eine Zunahme der Alkoholextractmenge um **0,18 %** der feuchten Muskelstoffe und um **11,3 %** der Gesammtalkoholextractmenge stattgefunden.

Nr. V.

8 Frösche.

Beginn des Tetanus: $4^h\ 0'$

Ende des Tetanus: $5^h\ 0'$.

1. Ruhender Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 36,45 Gramm | |
| 36,45 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 29,1 „ | = CC. |
| An Alkohol wurden zugesetzt . . . . | 90,9 CC. | |
| Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge . | 120 „ | |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 25 „ | |
| 25 CC. enthielten Extract . . . . . | 0,1660 Gramm. | |

| | |
|---|---|
| 36,45 Gramm Fleisch demnach . . . . | 0,7970 Gramm. |
| Für 100 Gramm ruhenden Muskel berechnet sich die Extractmenge . . . . . | **2,19** ,, |

2. Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 36,1 Gramm. |
| 36,1 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 28,9 ,, = CC. |
| An Alkohol wurden zugesetzt . . . . | 91,1 CC. |
| Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge . | 120 ,, |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 25 ,, |
| 25 CC. enthielten Extract . . . . . | 0,1748 Gramm. |
| 36,1 Gramm Muskel also . . . . . | 0,9190 ,, |
| Für 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich an Extractivstoffen . . . . . | **2,54** ,, |

Der geruhte Muskel enthielt an Alkoholextractivstoffen: **2,19** %; der tetanisirte: **2,54** %. Es zeigt sich also eine Zunahme dieser Stoffe um **0,35** % der feuchten Muskelsubstanz und **16** % der Gesammtalkoholextractmenge.

Nr. VI.

8 Frösche.

Beginn des Tetanus: $8^h$ 45′
Ende des Tetanus: $10^h$ 0′.

1. Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 34,45 Gramm. |
| 34,45 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 27,6 ,, = CC. |
| An Alkohol wurden zugesetzt . . . . | 97,4 CC. |
| Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge . | 125 ,, |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 25 ,, |
| 25 CC. enthielten Extract . . . . . | 0,1170 Gramm. |
| 34,45 Gramm Muskel also . . . . . | 0,5767 ,, |
| Für 100 Gramm ruhenden Muskel berechnen sich Extractivstoffe . . . . . | **1,67** ,, |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskelgewicht . . . . . | 35,15 Gramm. | |
| 35,15 Gramm Muskel enthalten Wasser . | 28,1 „ | = CC. |
| An Alkohol wurden zugesetzt . . . . | 96,9 CC. | |
| Dadurch wurde die Flüssigkeitsmenge . | 125 „ | |
| Davon wurden getrocknet . . . . . | 25 „ | |
| 25 CC. enthielten Extract . . . . . | 0,1350 Gramm. | |
| 35,15 Gramm Muskel also . . . . . | 0,6748 „ | |
| Für 100 Gramm tetanisirten Muskel berechnen sich Extractivstoffe . . . . . | **1,92** „ | |

Der geruhte Muskel enthielt an Alkoholextractivstoffen: **1,67 %**; der tetanisirte: **1,92 %**. Die Zunahme der fraglichen Stoffe durch den Tetanus beträgt demnach **0,25 %** auf feuchte Muskelmasse gerechnet, und **15 %** auf die Gesammtalkoholextractmenge.

Zur Erhöhung der Uebersichtlichkeit stelle ich die erhaltenen procentischen Werthe tabellarisch zusammen.

**Tabelle III.**

Vergleichende Bestimmung des Alkoholextractes geruhter und tetanisirter Muskeln bei Ausschluss der Circulation.

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Versuchsobjectes. 100 Grammen Muskel. | Gesammtmenge des Alkoholextractes. | Absolute Differenz der Extractmengen % | Differenz berechnet auf Procente der Alkoholextractmengen. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | geruht<br>tetanisirt | 2,24<br>2,57 | 0,33 | 14,7 |
| 2. | geruht<br>tetanisirt | 2,12<br>2,35 | 0,23 | 10,8 |
| 3. | geruht<br>tetanisirt | 2,23<br>2,46 | 0,23 | 10,3 |
| 4. | geruht<br>tetanisirt | 2,48<br>2,66 | 0,18 | 11,3 |
| 5. | geruht<br>tetanisirt | 2,19<br>2,54 | 0,35 | 16,0 |
| 6. | geruht<br>tetanisirt | 1,67<br>1,92 | 0,25 | 15,0 |
| **Im Mittel** | **geruht**<br>**tetanisirt** | **2,15**<br>**2,41** | **0,26** | **12,1** |

Die eben mitgetheilten Resultate der angestellten Alkoholextractbestimmungen scheinen mir das von uns gesuchte, von Helmholtz schon nachgewiesene Phänomen der Vermehrung des Alkoholextractes in seinem relativen Verhältnisse zu dem Wasserextracte sehr deutlich zu zeigen. Mit Berücksichtigung der Mittelzahlen aus Tabelle II. und III. ergiebt sich das Verhältniss des Alkoholextractes, diesen = 1 gesetzt, zu dem Wasserextract

für den geruhten Muskel = 1 : 1,65
für den tetanisirten Muskel = 1 : 1,37.

Das relative Mengenverhältniss ist deutlich zu Gunsten des Alkoholextractes gesunken.

Zu dieser Beobachtung kann noch weiter hinzugefügt werden, dass die absolute Menge des Alkoholextractes durch den Tetanus nicht unbedeutend zugenommen habe. Diese Vermehrung hält sich mit ihrem absoluten Werthe sichtlich in denselben Grenzen wie die Verminderung des Wasserextractes, sodass auch die Mittelwerthe für Verminderung: 0,23 %, für Vermehrung: 0,26 % recht gut übereinstimmen.

Wir können das Resultat dieser letzten Versuche kurz in der Art formuliren:

Der Tetanus ist im Muskel mit einer Vermehrung der Alkoholextractivstoffe verbunden. Diese Vermehrung ist dem Gewichte nach der bei dem Tetanus im Muskel stattfindenden Verminderung der Wasserextractivstoffe gleich. (Helmholtz und ich.)

Dieser Satz ist für uns von grösster Wichtigkeit, da er unsere bisher ausgesprochene Meinung definitiv bestätigt, dass im Muskel in einer bestimmten Zeit nur eine bestimmte Menge zu physiologischen Zwecken zersetzbaren Stoffes sich befinde. Die beobachtete Erhöhung der Zersetzungsvorgänge im Muskel bei dem Tetanus bezieht sich nur auf die Zeit: es kann zwar in einer bestimmten Zeit — durch den Tetanus — mehr von der gerade verfügbaren Stoffmenge im Muskel zersetzt werden als in einer anderen — während der Ruhe; — der zur Zersetzung disponirten im Muskel aufgespeicherten Stoffmenge fügt der Tetanus aber als solcher Nichts hinzu.

## § 6.

### Resultate.

Fassen wir die Ergebnisse, die wir in den im vorliegenden Capitel niedergelegten Untersuchungen gewonnen haben, noch kurz zusammen.

1. Nach dem bei Fortbestand der Circulation eingeleiteten Tetanus des Muskels zeigt sich eine Verminderung seiner Wasserextractivstoffe.

2. Diese Verminderung der Wasserextractivstoffe beruht nur zum kleineren Theile auf Wirkung der Diffusion zwischen Blut und Muskelsaft;

3. zum grösseren Theile beruht sie auf einer Veränderung der chemischen Zersetzungsvorgänge im Muskel, da

4. auch bei Ausschluss der Circulationseinflüsse sich die Verminderung der Wasserextractivstoffe durch den Tetanus in ziemlich bedeutender Stärke zeigt.

5. Der Verminderung der Wasserextractivstoffe bei dem Tetanus mit Ausschluss der Circulationswirkung entspricht eine gleichgrosse Vermehrung der Alkoholextractivstoffe. (Helmholtz und ich.)

6. Es beweist dies letzte Ergebniss, dass durch den Tetanus die Menge des gleichzeitig im Muskel vorhandenen, physiologisch zersetzbaren Stoffes zwar in seiner Zersetzung beschleunigt, und ihm in Bezug auf den chemischen Vorgang der Zersetzung eine veränderte Richtung ertheilt, aber nicht vermehrt werden könne.

7. Bei Vergleichung der Wasserextractmengen verschiedener Muskeln desselben Thieres ergiebt sich, dass diejenigen Muskeln, welchen in der Zeiteinheit eine grössere Arbeitsleistung zugemuthet wird als anderen, — es wurden Schenkel- und Rückenmuskeln vom Kaninchen verglichen — auch eine geringere Menge von Extractivstoffen besitzen, analog den bei der Wasserbestimmung gefundenen Verhältnissen.

# Fünftes Capitel.

## Die Mengenverhältnisse der Fleischmilchsäure im Muskel.

### § 1.

#### Fortsetzung des Versuchsplanes.

Die im letzten Capitel mitgetheilten Resultate der Extractivstoffbestimmung im Allgemeinen haben unsere Anschauungen über die im Muskel zu erwartenden Veränderungen in den Mengenverhältnissen seiner einzelnen Zersetzungsproducte durch den Tetanus wesentlich geläutert.

Während wir bisher, da uns als einziger Veränderungsgrund der Mengenverhältnisse der leicht diffundirenden Muskelstoffe die zwischen Blut und Lymphe und Muskelflüssigkeit stattfindenden Diffusions-Vorgänge bekannt waren, um eine Verminderung der im Muskel bis zur Todtenstarre sich bildenden Zersetzungsproducte nach dem bei Fortbestand der Circulation stattgehabten Tetanus erwarten durften, lehrt uns die Erkenntniss der qualitativen Veränderung der chemischen Vorgänge im Muskel bei dem Tetanus die Möglichkeit, dass neben der Verminderung, die im Allgemeinen sich findet, eine absolute Vermehrung einzelner Muskelstoffe durch den Tetanus herbeigeführt werden könne. Wir dürfen ebenso gut eine Vermehrung als eine Verminderung erwarten, wenn wir nun unsere Untersuchung auf die einzelnen der im vorstehenden Capitel in ihrer Gesammtheit bestimmten Stoffe ausdehnen werden.

Im Folgenden werden die Resultate der vergleichenden Bestimmungen folgender Stoffe im todtenstarren Muskel mitgetheilt werden:

1. Bestimmung der Säuremenge.
2. Bestimmung der vom Muskel bis zur Höhe der Todtenstarre producirten Kohlensäuremenge.
3. Bestimmung des Zuckergehaltes.
4. Bestimmung des Fettgehaltes.
5. Bestimmung der Eiweissmenge.

Auf die Bestimmung des Kreatins und Kreatinins habe ich meine Untersuchungen nicht ausgedehnt, da die Angaben Liebig's über Vermehrung durch Bewegung so glänzende Bestätigung durch die unter Kühne's Leitung von Sarokin angestellte Untersuchung gefunden haben [1].

Wir sprechen nach dieser Bestätigung die von Liebig zuerst gefundene Veränderung in dem Gehalte an Kreatin im Muskel durch active Bewegung als eine feststehende Thatsache an. Es giebt uns diese Beobachtung zugleich den ersten Beweis dafür, dass eine Vermehrung einzelner Stoffe im Tetanus des Muskels neben einer allgemeinen Verminderung der Muskelsubstanz eintreten könne. Die folgenden Capitel der vorliegenden Untersuchung werden noch einige derartige Beispiele von einseitiger Vermehrung unter den gleichen Umständen wie dort bringen.

## § 2.

### Bestimmung der Säure und Beweis, dass jeder Muskel — Ersatz und Verlust durch Circulation ausgeschlossen — ein Säurebildungs-Maximum besitze.

Die mit Hülfe der Methode der Bestimmung des galvanischen Leitungswiderstandes und der Methode der Bestimmung der Imbibitionsgrösse am Muskel bisher gewonnenen Resultate haben uns zu der Ansicht geführt, dass — da sich ja die dort gewonnenen Resultate vor Allem auf die Säure des Fleisches beziehen — die bis zur Todtenstarre vom Muskel producirte Säuremenge keine willkürlich durch äussere Einflüsse zu verändernde Grösse wäre, sondern dass jeder Muskel abgesehen von den Einflüssen der Circulation nur im Stande sei, eine bestimmte, unveränderliche Säuremenge zu produciren, dass er ein Säurebildungsmaximum besässe.

Wir haben einige nicht unwichtige theoretische Betrachtungen schon an den oben angegebenen Orten an diese Vermuthung angeknüpft. Es liegt uns ob experimental diese Ansicht zu prüfen und dadurch unsere auf sie gegründeten Meinungen zu bestätigen. Wir müssen aus diesem Grunde zuerst die eben angeregte Frage beantworten, ehe wir an eine Vergleichung der Säurebildung des Muskels

---

1 Sarokin, Beitrag zur Physiologie des Muskelstoffwechsels. Virch. Arch. XXVIII. 541—552.

vor und nach dem Tetanus herantreten. Letztere Untersuchung könnte sogar kaum mit Hoffnung auf Erfolg unternommen werden, wenn nicht die Voruntersuchung ein unseren Erwartungen entsprechendes Resultat ergeben würde. Wir können ja nur dann eine Vermehrung oder Verminderung eines Muskelstoffes, der bei dem Absterben des Muskels sich bildet, durch active Bewegung erwarten, wenn seine bis zur Höhe der Todtenstarre sich bildende Menge eine festbestimmte ist.

E. du Bois-Reymond hat die Einwirkung der Thätigkeit des Muskels auf seinen Säuregehalt entschieden nachgewiesen. Er hat unzweifelhaft gezeigt, dass der lebende geruhte Muskel neutral, der lebende tetanisirte Muskel hingegen sauer reagire, es unterliegt danach keinem Widerspruch mehr, dass bei der Action Säure im Muskel wie bei der Todtenstarre entstehe.

Bei Fortbestand der Circulation kann, wenn der Muskel ein Säurebildungs-Maximum besitzt, der Tetanus nur mit einer Verminderung dieses Maximums verknüpft sein.

Wenden wir uns nach diesen Auseinandersetzungen der Lage sogleich zur Untersuchung selbst.

Wir fragen uns also: ist der Muskel im Stande unter dem Einfluss verschiedener äusserer Bedingungen, die auf sein Absterben einwirken, bis zur Höhe der Todtenstarre eine verschieden grosse Säuremenge zu bilden oder besitzt er — abgesehen von Ersatz und Verlust durch die ihn umgebenden Flüssigkeiten ein Säurebildungs-Maximum.

Zwei Möglichkeiten stehen uns zu Gebote, an diese Frage mit dem Experimente heranzutreten:

1) Können wir den Versuch machen, zu entscheiden, ob gewisse uns mögliche Einwirkungen auf das Eintreten der Todtenstarre von Einfluss auf die Mengenverhältnisse der sich bildenden Säure seien, nachdem der Muskel den Einflüssen der Circulation entzogen wurde.

2) Können wir uns fragen, ob die Curve der Säurebildung im Muskel bei der Säurebildung auf die Zeit bezogen ein festbestimmbares Maximum besitze.

Als verschiedene Einflüsse, welche bei der Todtenstarre auf ihre etwaige Betheiligung an den Mengenverhältnissen der gebildeten Säure untersucht werden sollten, wurden die Zeitstarre — der Eintritt der Todtenstarre durch Liegen des Muskels in einem feuchten Raume bei

Zimmertemperatur — und die Wärmestarre als die beiden am einfachsten und leichtesten herbeizuführenden Todesarten gewählt.

Die Zeitstarre wurde wie gesagt durch Liegen des Muskels im feuchten Raum erzeugt; die Wärmestarre durch 20 Minuten andauerndes Erhitzen auf + 45° C. ebenfalls im feuchten Raum.

Die Methode der Säurebestimmung war folgende:

Die blutfreien, gewogenen Muskeln, welche auf ihre Säuremengen geprüft werden sollten, wurden, nachdem sie todtenstarr gemacht worden waren, in einem Porzellanmörser zerrieben und zwar unter Zusatz einer gemessenen Menge von feinem Quarzsand. Der hiezu angewendete Sand muss vorher sorgfältig von allen anhaftenden löslichen Bestandtheilen, besonders Kalk, durch Kochen mit Salzsäure und nachherigem sehr sorgfältigem Auswaschen mit destillirtem Wasser befreit und dadurch vollkommen neutral gemacht werden. Glaspulver kann nicht seine Stelle vertreten, da dieses besonders bei Reiben, wie es bei der hier zu beschreibenden Methode stets in Anwendung kommt, sich mit alkalischer Reaction in Wasser löst. Diese alkalische Reaction ist so stark, dass die ganze Säuremenge des Muskels vollkommen dadurch neutralisirt und die Flüssigkeit alkalisch wird.

Mit Hülfe dieses Sandes gelingt es leicht den Muskel zu einem fast homogenen Brei zu zerreiben — besonders gut den Froschmuskel, der bei der Starre sehr spröde wird — und diesen Brei in Wasser zu einer gleichmässigen Emulsion zu vertheilen. Wurden zwei Muskeln auf ihren Säuregehalt vergleichend untersucht, so wurde zu der Emulsion eine gemessene gleiche Wassermenge in beiden Versuchen angewendet. Die Säuremenge wurde durch einen Zusatz von höchst verdünnter Natronlauge zu der Emulsion selbst, die einige Stunden ruhig gestanden hatte, titrirt.

Die Emulsion wurde je mit der gleichen sehr geringen Menge Lackmustinctur versetzt und damit roth gefärbt. Der Uebergang in Blau, welcher als Grenzpunct des Titrirverfahrens angewendet ward, wurde gleichzeitig noch durch tropfenweis aus der Flüssigkeit herausgenommene Proben, die auf sehr empfindlichem Curcumapapier auf ihre Reaction geprüft worden waren, nach dem Vorgange von Pettenkofer controlirt. Dadurch wurde die Bestimmungsmethode, trotz der geringen Mengen der im Fleische enthaltenen Säure, doch so weit



LANE LIBRARY. STANFORD UNIVERSITY

genau, dass vergleichende Bestimmungen mit ihr ein Resultat versprechen konnten.

Die Natronlauge, welche angewendet wurde, war sehr verdünnt. 810 CC. Natronlauge entsprechen 0,927 Grm. Schwefelsäure, also 1 CC. Natronlauge = 0,0011 Schwefelsäure.

Ich stelle die mit dieser Methode gewonnenen Resultate sogleich tabellarisch zusammen.

**Tabelle I.**

Säurebildung in den Muskeln des gleichen Thieres durch Zeitstarre und Wärmestarre verglichen.

| Versuchs-Nummer. | Versuchsthier. | Muskel | | Verbrauchte Natronlauge bis zur Neutralisation in CC. | Säuremenge auf Schwefelsäure berechnet. % |
|---|---|---|---|---|---|
| | | sein Zustand. | sein Gewicht Gramm. | | |
| 1. | Kaninchen | zeitstarr 48h | 24,59 | 45,0 | 0,202 |
| | | wärmestarr | 23,57 | 46,4 | 0,216 |
| 2. | Kaninchen | zeitstarr 35h | 13,16 | 32,0 | 0,267 |
| | ,, | ,, | 8,69 | 20,0 | 0,254 |
| | ,, | ,, | 9,50 | 23,0 | 0,266 |
| | ,, | wärmestarr | 11,26 | 27,0 | 0,264 |
| | ,, | ,, | 9,05 | 22,5 | 0,273 |
| 3. | Katze | zeitstarr 18h | 9,85 | 25,0 | 0,279 |
| | ,, | ,, | 10,54 | 25,2 | 0,263 |
| | ,, | zeitstarr 40h | 13,71 | 25,0 | 0,268 |
| | ,, | ,, | 9,86 | 24,4 | 0,272 |
| | ,, | wärmestarr | 7,77 | 19,6 | 0,277 |
| | ,, | ,, | 8,81 | 21,4 | 0,267 |
| | ,, | ,, | 9,46 | 24,0 | 0,279 |

Die gewonnenen, in der Tabelle zusammengestellten Werthe stimmen gut. Die Abweichungen stellen sich erst in der dritten Decimale in der Mehrzahl der Fälle heraus. Unsere Erwartung, dass der Muskel nach seiner Entfernung aus dem Blutkreislauf ein unveränderliches Säurebildungsmaximum besitzt, hat sich deutlich herausgestellt.

Noch erübrigte es, die zweite Unterfrage zu beantworten; besitzt die Curve der Säurebildung bei der Todtenstarre auf die Zeit bezogen im Muskel ein Maximum?

Es wurde hiebei nach verschiedenen Zeitabschnitten seit Eintritt

des Todes die Säuremenge im Muskel untersucht. Zum Vergleich wurde eine Anzahl Muskelstücke auch wärmestarr gemacht.

Auch die Säurebildung der verschiedenen Muskeln desselben Organismus wurde gleichzeitig in dem folgenden Versuch geprüft.

**Tabelle II.**

Die Säurebildung im Muskel bezogen auf die Zeit.

| Versuchs-Nummer. | Versuchsthier und Muskel. | Muskel: sein Zustand. | Muskel: sein Gewicht in Gramm. | Verbrauchte Natronlauge in CC. | Säuremenge als Schwefelsäure gerechnet. % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Kaninchen Rücken- | | | | |
| | muskel. | wärmestarr | 11,57 | 20,4 | 0,193 |
| 2. | ,, | ,, | 11,26 | 20,0 | 0,195 |
| 3. | ,, | ,, | 12,01 | 22,0 | 0,201 |
| 4. | Oberschen- | | | | |
| | kelmuskel. | ,, | 14,92 | 25,6 | 0,188 |
| 5. | ,, | ,, | 14,33 | 25,6 | 0,196 |
| 6. | Rücken- | zeitstarr | | | |
| | muskel. | nach 25 h | 13,77 | 18,8 | 0,150 |
| 7. | ,, | ,, | 15,1 | 20,0 | 0,145 |
| 8. | ,, | nach 40 h | 9,97 | 17,6 | 0,196 |
| 9. | ,, | ,, | 6,40 | 12,0 | 0,206 |
| 10. | ,, | ,, | 11,30 | 20,0 | 0,194 |
| 11. | ,, | nach 50 h | 10,91 | 16,0 | 0,161 |
| 12. | ,, | nach 65 h | 13,23 | 14,4 | 0,119 |
| 13. | ,, | nach 74 h stank der Muskel und war alkalisch. | | | |

Die Curve der Säurebildung im Muskel auf die Zeit bezogen besitzt demnach ein Maximum, zu welchem sie langsam von 0 ansteigt, und von welchem sie etwas schneller wieder zu 0 abfällt, um sodann unter die Abscissenaxe zu fallen.

Auch in diesem Versuche wurde gleichzeitig weiter nachgewiesen, dass das Säuremaximum durch Wärmestarre im Muskel gebildet gleich ist dem bei der Zeitstarre sich bildenden. Der gleiche Erfolg, der in der Zeitstarre erst in 40 h erreicht wird, wird in der Wärmestarre schon nach 20 Minuten vollendet.

Ein Unterschied in den Säuremengen der verschiedenen Muskeln des gleichen Organismus stellt sich nicht deutlich heraus, doch ergab die Untersuchung der Schenkelmuskeln die kleinste in der ganzen Untersuchungsreihe vorkommende Säuremenge, sodass demnach auch hier im

Zusammenhalt mit den in Beziehung auf Gehalt an festen Stoffen und Extracten gewonnenen Resultaten es sich herauszustellen scheint, dass während des Lebens ungleich angestrengte Muskeln verschiedene Säuremengen, und zwar die mehrangestrengten Muskeln weniger Säure zu liefern im Stande sind.

Die Säuremenge in den Muskeln der verschiedenen Kaninchen zeigt wenig Schwankungen. Der Katzenmuskel — cf. Tabelle I dieses Capitels — ist etwas säurereicher als der Kaninchenmuskel. Zwei Säurebestimmungen im Schweinemuskel ergaben einen noch geringeren Säuregehalt als der Kaninchenmuskel:

9,26 Grm. sättigten 16,6 CC. Natronlauge = 0,197 Grm. Schwefelsäure,
9,38 „ „ 16,4 „ „ = 0,192 „ „

Es zeigt sich demnach auch bei den Säuremengen die Abhängigkeit der Gesammtmenge in den verschiedenen Thierspecies von der Grösse der in der Zeiteinheit geforderten Arbeitsleistung. Die Mengen verhalten sich folgendermaassen im Durchschnitte:

| | | |
|---|---|---|
| Schwein | 0,192 % Säure | = 100. |
| Kaninchen | 0,225 % „ | = 112. |
| Katze | 0,272 % „ | = 141. |

Die Zahlen sprechen für sich selbst genügend.

In Betreff der Zeitstarre geht noch ein nicht unwichtiger Schluss aus den mitgetheilten Zahlen hervor:

Die Säurebildung im todtenstarr werdenden Muskel ist eine Function der Zeit: in gleichen Zeiten (und unter sonst gleichen Bedingungen) bilden die gleichnamigen Muskeln desselben Thieres gleiche Mengen Säure.

Für diesen Satz sprechen ausser den in der letzten Tabelle mitgetheilten Zahlen auch noch eine grosse Anzahl anderer Versuche, die von mir angestellt wurden.

So zum Beispiel zeigten Muskeln von Kaninchen, deren Säuremaximum 0,263 Grm. Schwefelsäure entsprach, nach 19$^h$ Zeitstarre:

1) 0,153 % Säure
2) 0,158 % „
3) 0,152 % „

Bei Fröschen zeigt sich das Säuremaximum bei verschiedenen Individuen auffallend verschieden, bei weitem mehr verschieden, als es sich bei Säugethieren — Kaninchen — gezeigt hat. Es interessirt viel-

leicht, wenn ich hier eine Reihe von Säurebestimmungen, alle im wärmestarren Froschmuskel angestellt, mittheile.

**Säuremengen in verschiedenen Froschmuskeln:**

1) 0,090 % Säure
2) 0,094 % „
3) 0,103 % „
4) 0,126 % „
5) 0,126 % „
6) 0,135 % „
7) 0,136 % „
8) 0,150 % „
9) 0,164 % „
10) 0,172 % „
11) 0,172 % „
12) 0,219 % „

Im Mittel = 0,141 %.

Die Minimalmenge beträgt: 0,090 %.

Die Maximalmenge beträgt: 0,219 %.

Setzt man die Maximalmenge = 100, so ist die Minimalmenge = 41, demnach bedeutend weniger als die Hälfte der ersteren.

Wir haben somit im Vorstehenden die Säuremenge im Muskel ebenfalls deutlich genug in all den Beziehungen stehend gefunden, in denen wir die bisher untersuchten Muskelstoffe erkannt haben.

## § 3.

### Vergleichende Bestimmung der bis zur Höhe der Todtenstarre sich bildenden Säuremengen im geruhten und tetanisirten Muskel.

Zu diesen Bestimmungen konnten keine andern Thiere als Frösche in Anwendung gebracht werden. Es wurden auch in diesen Versuchen den benutzten Fröschen je ein Hinterschenkel unter den schon besprochenen Cautelen abgebunden, und sodann die Frösche mit Strychnin vergiftet.

Folgende Tabelle enthält die Resultate der Untersuchung.

**Tabelle III.**

Vergleichende Säurebestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

| Versuchs-Nummer. | Versuchsobject und sein Zustand. | Gewicht des Muskels in Gramm. | Verbrauch an Natronlauge bis zur Neutralisation in CC. | Berechnete Schwefelsäuremengen in Procenten. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Hinterschenkel des Frosches, wärmestarr | | | |
| | ruhend | 4,30 | 3,7 | 0,095 |
| | tetanisirt | 4,10 | 2,5 | 0,067 |
| 2. | ruhend | 4,90 | 3,7 | 0,083 |
| | tetanisirt | 5,60 | 3,4 | 0,067 |
| 3. | ruhend | 4,80 | 4,0 | 0,092 |
| | tetanisirt | 5,20 | 3,4 | 0,072 |
| 4. | ruhend | 5,39 | 4,0 | 0,081 |
| | tetanisirt | 6,00 | 2,2 | 0,040 |
| 5. | ruhend | 5,87 | 7,4 | 0,139 |
| | tetanisirt | 6,78 | 4,97 | 0,085 |
| 6. | ruhend | 5,53 | 3,6 | 0,071 |
| | tetanisirt | 6,38 | 2,3 | 0,040 |

Die absoluten Säuregrössen sind in fast allen hier zusammengestellten Bestimmungen sehr klein, doch ist die Abnahme nach dem Tetanus eine sehr deutliche.

Im Mittel stellen sich für die Säuremengen der hier untersuchten Muskeln folgende Werthe heraus:

ruhend **0,094 %** Säure
tetanisirt **0,065 %** „
Differenz **0,029 %** „

Setzt man die Säuremenge des geruhten Muskels = 100, so beträgt die des tetanisirten = 69.

Der Tetanus des Muskels ist mit einer Verminderung seines Säurebildungsmaximum verbunden.

Es wird durch den Tetanus säurebildender Stoff verbraucht.

### § 4.

### Resultate.

1. Der Muskel besitzt nach seiner Entfernung aus dem Blutkreislauf ein unveränderliches Säurebildungsmaximum.

2. Leistungsfähige Muskeln besitzen ein grösseres Säurebildungsmaximum als weniger leistungsfähige.

3. Durch den Tetanus des lebenden Thieres wird das Säuremaximum des Muskels geringer. Der tetanisirte Muskel erzeugt weniger Säure als der geruhte. Der Tetanus des Muskels verbraucht säurebildenden Stoff.

---

## Sechstes Capitel.

## Vergleichende Bestimmung der durch die Todtenstarre producirten Kohlensäuremenge im ruhenden und tetanisirten Muskel.

---

### § 1.

### Methode.

Die übereinstimmend von allen Forschern, die sich mit dieser Frage beschäftigten, nachgewiesene Thatsache, dass der Muskel während des Tetanus mehr Kohlensäure in der Zeiteinheit producirt als der ruhende, muss als ein unbestrittenes Besitzthum der Physiologie anerkannt werden.

Unsere Erfahrung bei der Säureproduction, dass der Muskel, der dem Kreislauf entzogen ist, nur eine bestimmte unveränderliche Menge Säure zu bilden vermag, dass sich bei dem lebenden Thier eine Verminderung des Säuremaximums im Muskel nach Tetanus, der säureproducirend wirkt, erkennen lässt; musste auf den Gedanken führen, ob sich nicht ein ähnliches Verhältniss für die von dem Muskel producirte Kohlensäure würde nachweisen lassen.

Die Erfahrung Valentin's, dass auch nach dem Höhepunct der Todtenstarre des Muskels dieser nicht aufhört, Kohlensäure zu produciren, sprach zwar schon von vorneherein gegen eine solche Annahme. Doch war die Frage wichtig genug, um sie einer erneuten Experimentalprüfung zu unterwerfen.

Dieselbe ergab, wie zu erwarten war, ein negatives Resultat. Der Muskel besitzt kein Kohlensäurebildungsmaximum, auch nach erreichter Höhe der Todtenstarre fährt er noch fort, wenn auch in verringertem Maasse, Kohlensäure zu entwickeln.

Es liess sich demnach die Frage, deren Beantwortung wir anstreben, über die Menge Kohlensäure, welche ein Muskel nach Entfernung aus dem Kreislauf zu produciren vermag, nicht so einfach der Lösung entgegenführen, wie dies für die Säureproduction möglich war. Doch bot sich sogleich eine andere Methode als wahrscheinlich benutzbar dar.

Wir sind bei der Säureproduction auf die Erscheinung aufmerksam geworden, dass in gleichen Zeiten unter gleichen Umständen der gleiche Muskel gleiche Mengen von Säure entwickele, dass alle übrigen Momente gleich gesetzt, die Säureproduction demnach eine Function der Zeit sei. Bestätigt sich dieser Satz auch für die Kohlensäureproduction des Muskels, so sind wir damit in den Stand gesetzt, trotz des Mangels eines Kohlensäurebildungsmaximum doch aus den unter gleichen Umständen in gleichen Zeiten producirten Kohlensäuremengen einen Schluss auf die ganze von dem Muskel physiologisch producirbare Kohlensäuremenge zu machen.

Das Resultat der Versuche formulirt sich unter solchen Verhältnissen freilich etwas anders als das der bisherigen Untersuchungen. Die Antwort, die wir erhalten können, kann nur die sein:

Bis zum Eintritt der Höhe der Todtenstarre producirt dieser Muskel eine solche Kohlensäuremenge, ein anderer vielleicht eine andere. Doch ist auch dieses Resultat, wenn wir constante Ergebnisse erhalten, nicht unwichtig für die Chemie des Muskeltetanus.

Wir sehen die Muskelaction mit Kohlensäureproduction verbunden, ebenso das Todtenstarrwerden des Muskels, dann aber auch die weiteren der Todtenstarre auf den Fuss folgenden Zersetzungen — Fäulniss — der Muskelsubstanz. Sicher ist der Vorgang nach Eintritt

der Todtenstarre ein ganz verschiedener von demjenigen, welcher während derselben stattfindet.

Während die Kohlensäureproduction während des Starrwerdens des Muskels offenbar analog ist, wie wir das bei der Säureproduction schon erkannt haben, dem Vorgange der Kohlensäureabgabe des Muskels im Leben und während seiner Thätigkeit, hat die Kohlensäureausscheidung nach Eintritt der Todtenstarre, nach völligem Erlöschen der Lebenseigenschaften des Muskels sicher nichts Physiologisches mehr an sich. Unsere Aufgabe muss es daher sein, soweit möglich, die physiologische Kohlensäureproduction von der, man könnte sagen: anorganischen Kohlensäureabgabe bei der Fäulniss zu trennen.

Dies kann nur dadurch geschehen, dass wir die Todtenstarre in einer so kurzen Zeit und unter solchen Umständen ihr Maximum erreichen lassen, dass der unmittelbar auf sie folgende Zustand der weiteren nichtphysiologischen Zersetzung der Muskelstoffe nur in sehr geringem Grade sich geltend zu machen im Stande ist. Eine solche Möglichkeit bietet uns die Wärmestarre dar. Dieselbe giebt uns die Möglichkeit, alle physiologischen Zwecken im Muskel dienende Kohlensäure in so kurzer Zeit zu entwickeln, dass der Muskel nach dieser Abgabe in der Zeiteinheit nur noch sehr wenig weitere Kohlensäure aushaucht.

Abgesehen von diesem Untersuchungskunstgriff, der es gestattet, wenigstens annähernd nur die physiologischen Zwecken im Muskelhaushalte dienende Kohlensäure zu erhalten, gestattet auch schon die Mengenbestimmung der Ausscheidung unter gleichen Umständen und in gleichen Zeiten einen sicheren Schluss auf die Menge der im Muskel vorhandenen kohlensäureproducirenden Substanz.

Mit Erinnerung an die im zweiten Capitel bei der Besprechung des Einflusses des verschiedenen Wassergehaltes des Muskels auf seine Zersetzungsgrösse dargelegten Bedingungen ist es von vorneherein klar, dass in gleichen Zeiten die Zersetzung der Stoffe z. B. im Muskel um so grössere Dimensionen annehmen müsse, je mehr Massentheilchen, die einer Zersetzung fähig sind, sich auf gleichem Raum den zersetzenden Einflüssen darbieten, vorausgesetzt dass letztere Einflüsse stark genug sind, ein relativ unbegrenzt grosses Maass von Zersetzung einzuleiten.

Schwankungen in der Zersetzungsgrösse während gleichen Zeiten und sonst vollkommen gleichen anderweitigen Bedingungen, kann demnach nur auf eine Schwankung an Masse des zersetzbaren Stoffes bezogen werden.

Nach diesen Auseinandersetzungen ist es möglich, an die Untersuchung selbst zu gehen. Es wird uns zuerst obliegen nachzuweisen, dass wirklich der gleiche Muskel unter gleichbleibenden sonstigen Verhältnissen in gleichen Zeiten gleiche Mengen Kohlensäure producirt.

Besprechen wir zuerst die zu den folgenden Versuchen benutzte Methode der Kohlensäurebestimmung.

Der Apparat, welcher dazu benutzt wurde, war sehr einfach. Er bestand aus drei Glaskölbchen, von denen das mittlere sehr kurzhalsig und mit weiter Oeffnung etwa $^1/_8$ Litre fasste. Die beiden anderen fassten je 150 CC. Flüssigkeit. Die drei beschriebenen Kölbchen waren unter einander durch eine Leitung von gebogenen Glasröhren verbunden ohne Kautschuk. Die Glasröhrchen gingen direct durch die drei Korke, mit welchen die Kölbchen verschlossen waren.

Nennen wir die beiden kleinen Kölbchen A und C, das grössere B, so waren die Glasröhren folgendermaassen angeordnet.

Alle drei die Kölbchen verschliessenden Korke waren doppelt durchbohrt. Durch den Kork des Kölbchens A ging ein rechtwinkelig gebogenes Rohr bis nahe an den Boden des Kölbchens. Ein anderes doppelt rechtwinkelig — hufeisenförmig — gebogenes Rohr mündete mit seinem einen kurzen Schenkel direct unter der im Inneren des Kölbchens A befindlichen Oberfläche des das betreffende Kölbchen schliessenden Korkes. Der andere längere Schenkel desselben Rohres ging durch den Kork des grösseren Kölbchens B und mündete an dessen Boden. Ein zweites dem obenbeschriebenen Rohre völlig analog gebogenes Rohr mündete mit seinem kurzen Schenkel unter der inneren Oberfläche des Korkes des Kölbchens B; sein längerer Schenkel mündete am Boden des Kölbchens C, durch dessen Kork dasselbe hindurchtrat. Durch den Kork des Kölbchens C ging noch ein einfach rechtwinkelig gebogenes Rohr mit seinem kurzen Schenkel, das an der inneren Korkoberfläche mündete.

Denken wir uns nun alle drei Kölbchen halb mit Flüssigkeit gefüllt und einen Saugapparat, wie dies in Wirklichkeit statt hatte, mit dem Rohre, dessen kurzer Schenkel in dem Kölbchen C mündete, ver-

bunden, so wird, wenn der Saugapparat in Thätigkeit sich befindet, Luft ungehindert in das Kölbchen A, durch die in demselben enthaltene Flüssigkeit, in das Kölbchen B durch die in diesem enthaltene Flüssigkeit, in das Kölbchen C und durch dessen Flüssigkeit in den Saugapparat angesogen werden können. Sind nun die Kölbchen A und C bis etwa in die Mitte mit Barytwasser gefüllt, so wird im Kölbchen A alle Kohlensäure der einströmenden Luft, im Kölbchen C aber Kohlensäure der aus dem Kölbchen B abströmenden Luft aufgefangen werden können. Ist das Barytwasser in C ehe es zu dem Versuche verwendet wurde, genau titrirt worden, so ergiebt nach dem Versuche das Titer derselben Flüssigkeit den Unterschied an säuresättigender Eigenschaft, ein Minus ist auf Kohlensäure zu beziehen.

Auch das mittlere Kölbchen B ist mit einer geringeren Flüssigkeitsmenge gefüllt und zwar mit ausgekochtem Wasser aus dem Grunde, um bei einem Erwärmen des Gefässes die Gefahr eines etwaigen Zerspringens zu verhüten und durch eine Sättigung der Luft mit Wasserdampf ein äusserliches Vertrocknen der untersuchten Muskeln zu verhüten. Ausserdem ist ohne eine geringe Menge von Flüssigkeit in dem Kölbchen die Temperatur nicht ohne grosse Mühe constant zu erhalten.

Durch den Kork des Kölbchens B ging noch ausser den beiden schon beschriebenen Röhren ein feines Thermometer, um die Temperatur in dem Innern des Gefässes genau bestimmen zu können.

Alle Korke mit ihren Verbindungsstellen an dem Glase waren mit grosser Sorgfalt mit flüssiggemachtem Wachse verstrichen, so dass der Apparat, der bis hierher nirgends Kautschukverbindungen, die nach den Untersuchungen von Pettenkofer niemals vollkommen luftdicht schliessen, besass, sondern lediglich aus Glas, Kork und Wachs, also aus einem Stück bestand, vollkommen luftdicht verschlossen war.

An dem einen Rohre des Kölbchens A, dessen einer Schenkel ins Freie mündete, sass, mit Kautschuk verbunden, eine U förmig gebogene Röhre mit Kalistücken an, um womöglich schon ehe die Luft in das Kölbchen kam, ihr die grösste Menge Kohlensäure, die sie enthielt, zu entziehen. Dies gelang in der That so vollkommen, dass das Barytwasser in dem ersten Kölbchen sich während der Dauer eines Versuches nie merklich trübte. Dem Kalirohr war noch, um das Kali vor Feuchtigkeit zu schützen, ein Chlorcalciumröhrchen vorgelegt.

Der Saugapparat, ein Aspirator, welcher Luft während des Versuches durch den Apparat zu saugen hatte, war ebenfalls, wie das Kalirohr mit einer Kautschukverbindung an das eine Rohr aus dem Kölbchen C befestigt. Die Versuche von Pettenkofer haben ergeben, dass die Menge des aus einem solchen Aspirator ausfliessenden Wassers nie genau der durchgesaugten Luftmenge entspricht. Es wurde deshalb von vorne herein von dieser Messung Umgang genommen und der Luftzug dadurch geregelt, dass die in der Flüssigkeit des Kölbchens C in der Zeiteinheit aufsteigenden Blasen gezählt, und ihre Anzahl gleich erhalten wurde, was durch die Regulirung der Ausflussgeschwindigkeit des Wassers aus dem Aspirator leicht zu bewerkstelligen war. Da die Blasen stets von gleicher Grösse waren, da die Flüssigkeitsmengen, und damit der Druck in den einzelnen Kölbchen, stets gleich erhalten wurden, so war damit auch die in gleichen Zeiten durch den Apparat strömende Luft auf eine einfache Weise gleich gemacht.

Die Muskeln, die zur Untersuchung verwendet wurden, wurden an einem in dem Kork des Kölbchens B befestigten scharfen Haken angehängt, so dass sie die im Kölbchen enhaltene Flüssigkeit nicht berührten. Um sie todtenstarr werden zu lassen, wurde mit einer sehr kleinen Flamme die Temperatur im Innern des Kölbchens auf + 45° C. gebracht und auf dieser Höhe 20 Minuten lang constant erhalten. Während dieser Zeit wurde Luft durch den Apparat gesaugt. Nach dieser Zeit, welche hinreicht, die Muskeln vollkommen todtenstarr zu machen, wurde die Flamme entfernt, mit dem Luftdurchsaugen durch den Apparat jedoch noch 30 Minuten fortgefahren. Danach wurde der Apparat auseinandergenommen. Aus dem Kölbchen C, das eine gemessene Menge mit Oxalsäure, von der 1 CC. = 1 Mgrm. Kohlensäure entspricht, titrirten Barytwassers enthielt, eine gemessene Menge dieses Barytwassers herausgenommen und nachtitrirt. Aus dem Ergebniss des Titrirens wurde auf die Gesammtmenge der producirten Kohlensäure gerechnet.

Das Titriren geschah nach der Pettenkofer'schen Methode durch Prüfung eines aus der Flüssigkeit herausgenommenen Tropfens auf sehr empfindlichem Curcumapapier. Die Methode ist auf 0,1 CC. der zur Titrirung verwendeten Oxalsäure genau. Man kann demnach mit ihrer Hülfe noch 0,0001 Grm. Kohlensäure genau bestimmen.

Zu je einem combinirten Versuche wurden sechs Frösche ver-

wendet. Zu der einen Bestimmung die einen sechs Hinterschenkel von der ganzen Anzahl, zu der zweiten die anderen sechs. Das Blut war auf das Sorgfältigste aus den Muskeln entfernt. Die sechs Beine wurden, ehe sie in das Kölbchen gebracht wurden, gewogen. Nach dem Versuch wurde alles Fleisch sorgfältig von den Knochen abpräparirt und letztere nachgewogen. Die Differenz der beiden erhaltenen Gewichte ergab das Gewicht der untersuchten Muskeln.

Mit dieser Methode gehen wir nun an die Untersuchung selbst.

Es ist klar, dass der Apparat, schon ehe er eine Kohlensäurequelle in sich enthält, etwas Kohlensäure enthalten muss, da er ja mit Luft gefüllt ist. Es musste die erste Aufgabe sein, die Menge der im Apparat enthaltenen Kohlensäure zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurde der Apparat in Gang gesetzt, ohne eine Kohlensäurequelle in seinem Innern.

Kohlensäure-Bestimmung im leergehenden Apparat.

Versuchsdauer 20 Minuten.

| | | |
|---|---|---|
| 30 CC. Barytwasser erforderten zur Neutralisation vor dem Versuch . . . . | 31,4 CC. | Oxalsäure |
| Nach dem Versuch . . . . . | 31,1 CC. | „ |
| Differenz . . . . . | 0,3 CC. | „ |

1 CC. Oxalsäure entspricht 1 Mgrm. Kohlensäure. Der Apparat enthielt demnach 0,0003 Grm. Kohlensäure, welche Grösse als verschwindend klein und gleichbleibend in den folgenden Versuchen vernachlässigt wurde. Der Versuch ist gleichzeitig ein Beweis von der vollkommenen Dichtigkeit des Apparates und von der vollkommenen Absorption der einströmenden Kohlensäure durch das vorgelegte Kalirohr und Barytwasser.

Nach dieser Prüfung des Apparates kann zur Prüfung der Vorfrage: entwickeln gleiche Muskeln in gleichen Zeiten gleiche Mengen Kohlensäure?

geschritten werden.

Zu diesem Behufe wurden zu jeder der folgenden Bestimmungen sechs Frösche getödtet; von allen je ein Hinterschenkel abgeschnitten, und diese sechs in den Untersuchungsapparat gebracht. Die zweiten sechs Hinterschenkel lagen während der ersten Bestimmung im feuchten Raume mit Haut bedeckt.

**Vorversuche:**

Zur Bestimmung der Kohlensäuremengen, welche von gleichen Muskeln in gleichen Zeiten abgegeben werden.

Das Erhitzen auf + 45° C. dauerte 20 Minuten.
Die Dauer des ganzen Versuchs 50 Minuten.

Nr. I.

1.

| | |
|---|---|
| Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen . . . . . | 23,45 Gramm. |
| Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 50 CC. bedurften . . | 45,8 CC. Oxalsäure |
| Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 50 CC. bedurften zur Neutralisation . . . . . | 40,1 CC. ,, |
| Das Barytwasser hatte abgenommen an Stärke um . . . . . | 5,7 CC. ,, |
| 23,45 Gramm Froschfleisch producirten demnach . . . . . | 0,0057 Grmm. Kohlensäure |
| 100 Gramm Froschfleisch . . . | **0,0240** ,, ,, |

2.

| | |
|---|---|
| Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen . . . . . | 23,70 Gramm. |
| Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 50 CC. . . . . | 45,8 CC. Oxalsäure |
| Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 50 CC. . . . . | 39,9 CC. ,, |
| Das Barytwasser hatte abgenommen an Stärke um . . . . . | 5,9 CC. ,, |
| 23,7 Gramm Froschfleisch producirten demnach . . . . . | 0,0059 Grmm. Kohlensäure |
| 100 Gramm Froschfleisch . . . | **0,0248** ,, ,, |

Die gewonnenen Resultate stimmen vortrefflich:

1) . . . **0,0240 %** Kohlensäure.
2) . . . **0,0248 %** ,,
Differenz . **0,0008 %** ,,

## Nr. II.

1.

Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen . . . . . 31,5 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 50 CC. . . . . 45,8 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 50 CC. . . . . 39,2 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . 6,6 CC. „
31,5 Grm. Froschfleisch producirten 0,0066 Grm. Kohlensäure
100 Grm. Froschfleisch . . . . **0,0210** „ „

2.

Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen . . . . . 31,8 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 50 CC. . . . . 45,8 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 50 CC. . . . . 38,9 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . 6,9 CC. „
31,8 Grm. Froschfleisch producirten 0,0069 Grm. Kohlensäure
100 Grm. Froschfleisch . . . . **0,0216** „ „

Die gewonnenen Resultate stimmen ebenfalls vortrefflich:

1) . . . **0,0210 %** Kohlensäure.
2) . . . **0,0216 %** „
Differenz . **0,0006 %** „

Die beiden Versuche beweisen mit hinlänglicher Sicherheit das von uns für Anstellung vergleichender Kohlensäurebestimmungen geforderte Postulat:

Gleiche Muskeln produciren unter gleichen Bedingungen bei ihrem Absterben gleiche Mengen Kohlensäure.

Im Mittel aus den beiden angestellten Versuchen berechnet sich der Versuchsfehler auf:

**0,0007 %.**

Es steht nichts mehr im Wege, nach Erledigung der Vorfragen sogleich an die vergleichende Bestimmung der Kohlensäureproduction des ruhenden und tetanisirten Muskels zu gehen.

## § 2.

### Kohlensäureproduction des ruhenden und tetanisirten Muskels.

Auch zu jedem der folgenden Doppelversuche wurden sechs Frösche verwendet. Die Hinterschenkel mussten hier wie bei den schon beschriebenen Versuchen abgebunden werden. Der Tetanus wurde durch Strychnin hervorgerufen. Die Vorsichtsmaassregeln hiebei blieben die gleichen, wie sie schon in den vorhergehenden Capiteln des Näheren beschrieben wurden.

Versuchsdauer jedes Einzelversuchs 50 Minuten; davon 20 Minuten lang Erwärmen auf 45° C.

Versuch Nr. I.

1. Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des untersuchten Muskels ohne Knochen . . . . . | 25,3 Gramm. |
| Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . | 31,4 CC. Oxalsäure |
| Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . | 25,3 CC. ,, |
| Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . | 6,1 CC. ,, |
| 25,3 Grm. Froschfleisch producirten | 0,0061 Grm. Kohlensäure |
| 100 Grm. ruhender Froschmuskel | 0,024 ,, ,, |

2. Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen . . . . . | 27,7 Gramm. |
| Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . | 31,4 CC. Oxalsäure |
| Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . | 27,0 CC. ,, |
| Das Barytwasser hat an Stärke abgenommen um . . . . . | 4,4 CC. ,, |

27,7 Grm. tetanisirter Muskeln producirten . . . . . 0,0044 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskeln . . . . . **0,016** „ „

Der ruhende Muskel producirte . . . . **0,024 %**
„ tetanisirte „ „ . . . . **0,016 %**
Differenz zu Gunsten des geruhten Muskels **0,008 %**

an Kohlensäure auf die feuchte Muskelmasse berechnet. Auf die Menge der von dem ruhenden Muskel producirten Kohlensäure berechnet sich die Abnahme der Production auf **33,3 %**.

## Versuch Nr. II.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln ohne Knochen . . . . . 25,50 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . 26,7 CC. „
Das Barytwasser hat an Stärke abgenommen um . . . . . 4,7 CC. „
25,5 Grm. Muskeln producirten im geruhten Zustand . . . . . 0,0047 Grm. Kohlensäure
100 Grm. geruhter Froschmuskel **0,0184** „ „

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des untersuchten Muskels 28,4 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . 27,6 CC. „
Das Barytwasser hat an Stärke abgenommen um . . . . . 3,8 CC. „
28,4 Grm. tetanisirter Froschmuskel producirten . . . . . 0,0038 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskel . . . . . **0,0133** „ „

Der ruhende Muskel producirte . . . 0,0184 % Kohlensäure
„ tetanisirte „ „ . . . 0,0133 % „
Differenz zu Gunsten d. geruhten Muskels 0,00151 % „

Diese Differenz bezieht sich auf die feuchte Muskelmasse; auf die Gesammtmenge der vom ruhenden Muskel ausgegebenen Kohlensäure berechnet beträgt sie 27,8 %.

Versuch Nr. III.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln 27,7 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . 26,1 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . 5,3 CC. „
27,7 Grm. ruhender Froschmuskel producirten . . . . . 0,0053 Grm. Kohlensäure
100 Grm. geruhter Froschmuskel 0,0191 „ „

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln 29,6 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . 26,8 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . 4,6 CC. „
29,6 Grm. tetanisirter Froschmuskel producirten . . . . . 0,0046 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskel . . . . . 0,0155 „ „
Der ruhende Muskel producirte . . . 0,0191 % Kohlensäure
„ tetanisirte „ „ . . . . 0,0155 % „
Differenz zu Gunsten des geruhten Muskels . . . . . 0,0036 % „

auf feuchte Muskelsubstanz gerechnet; auf die Gesammtmenge der im ruhenden Zustand ausgegebenen Kohlensäure berechnet sich die Differenz auf: 76,8 %.

## Versuch Nr. IV.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln 32,2 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . 25,9 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . 5,5 CC. „
32,2 Grm. geruhter Froschmuskel producirten . . . . . 0,0055 Grm. Kohlensäure
100 Grm. geruhter Froschmuskel **0,0171** „ „

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln 35,4 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . 29,1 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . 2,3 CC. „
35,4 Grm. tetanisirter Froschmuskel producirten . . . . . 0,0023 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskel . . . . . **0,0065** „ „
Der ruhende Muskel producirte . 0,0171 % „
„ tetanisirte „ „ . . 0,0065 % „
Differenz zu Gunsten des geruhten Muskels . . . . . **0,0106** % „

auf feuchte Muskelsubstanz berechnet; auf die Gesammtausgabe von Kohlensäure bei dem geruhten Muskel berechnet sich diese Differenz auf **62** %.

## Versuch Nr. V.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln 27,7 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . 31,4 CC. Oxalsäure

Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . 27,0 CC. Oxalsäure
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . 4,4 CC. „
27,7 Grm. geruhter Froschmuskel producirten . . . . . 0,0044 Grm. Kohlensäure
100 Grm. geruhter Froschmuskel **0,0158** „ „

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln 33,1 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . 31,4 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . 29,0 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . 2,4 CC. „
33,1 Grm. tetanisirter Froschmuskel producirten . . . . . 0,0024 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskel . . . . . **0,0072** „ „
Der geruhte Muskel producirte . . 0,0158 % „
„ tetanisirte „ „ . . 0,0072 % „
Differenz zu Gunsten des geruhten Muskels . . . . . **0,0086 %**

auf feuchte Muskelmasse berechnet; auf die Gesammtabgabe des geruhten Muskels an Kohlensäure berechnet sich die Differenz auf:

**49,6 %.**

## Versuch Nr. VI.

1. Geruhter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln 24,4 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . 39,0 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . 35,5 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . 3,5 CC. „

24,4 Grm. geruhter Froschmuskel producirten . . . . . 0,0035 Grm. Kohlensäure
100 Grm. geruhter Froschmuskel 0,0143 „ „

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht der untersuchten Muskeln 28,8 Gramm.
Gehalt des Barytwassers vor dem Versuch, 30 CC. . . . . 39,0 CC. Oxalsäure
Gehalt des Barytwassers nach dem Versuch, 30 CC. . . . . 35,3 CC. „
Das Barytwasser hatte an Stärke abgenommen um . . . . . 3,5 CC. „
28,8 Grm. tetanisirter Muskel producirten . . . . . 0,0035 Grm. Kohlensäure
100 Grm. tetanisirter Froschmuskel . . . . . 0,0121 „ „
Der ruhende Muskel producirt . . 0,0143 % „
„ tetanisirte „ „ . . 0,0121 % „
Differenz zu Gunsten des geruhten Muskels . . . . . 0,0022 % „

auf feuchte Muskelsubstanz berechnet; auf die Gesammtmenge der von dem ruhenden Muskel producirten Kohlensäuremenge berechnet sich die Differenz auf: 15,4 %.

---

In allen vorstehend mitgetheilten Versuchen zeigte sich die Kohlensäureproduction des tetanisirten Muskels um eine nicht unbedeutende Procentzahl geringer als die bei dem ruhenden Muskel beobachtete.

Die Verschiedenheiten in den Procentmengen sind sehr gross, ebenso die Verschiedenheit der procentischen Verminderung der Kohlensäureproduction des Muskels durch den Tetanus. Doch darf auf diese Verschiedenheiten, der zahlreichen Fehlermöglichkeiten wegen, kein grosses Gewicht gelegt werden.

In folgender Tabelle sind die Procentzahlen zusammengestellt.

**Tabelle.**

Vergleichende Kohlensäurebestimmungen des ruhenden und tetanisirten Muskels.

| Versuchs-Nummer. | Muskel und sein Zustand. | Procentische Kohlensäure-abgabe des Muskels. | Differenz der Kohlensäure-abgabe in Procenten. | Die Differenz — Abnahme der Kohlensäureabgabe nach dem Tetanus — in Procenten der Kohlensäureabgabe des ruhenden Muskels. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | ruhend<br>tetanisirt | 0,0240 %<br>0,0160 - | 0,0080 | 33,3 % |
| 2. | ruhend<br>tetanisirt | 0,0184 %<br>0,0133 - | 0,0051 | 27,8 % |
| 3. | ruhend<br>tetanisirt | 0,0191 %<br>0,0155 - | 0,0036 | 18,9 % |
| 4. | ruhend<br>tetanisirt | 0,0171 %<br>0,0065 - | 0,0106 | 62,0 % |
| 5. | ruhend<br>tetanisirt | 0,0158 %<br>0,0072 - | 0,0086 | 49,6 % |
| 6. | ruhend<br>tetanisirt | 0,0143 %<br>0,0121 - | 0,0022 | 15,4 % |
| **Im Mittel** | **ruhend<br>tetanisirt** | **0,0181 %<br>0,0117 -** | **0,0074** | **36,4 %** |

Die Zahlen sprechen für sich selbst: Die tetanisirten Muskeln zeigen in der Zeiteinheit eine geringere Kohlensäure production als die geruhten gleichnamigen desselben Thieres.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass dieses Phänomen mit der vermehrten Kohlensäureproduction des Muskels zusammenhängt, die alle bisherigen Untersucher während des Muskeltetanus nachgewiesen haben. In der vorausgegangenen in der Zeiteinheit gesteigerten Abgabe liegt hier wie bei der Fleischmilchsäure der Grund der beobachteten Verminderung. Auch an der Kohlensäureabgabe des Muskels lässt sich der Satz, dass der Tetanus des lebenden Thieres mit einer Verminderung der Muskelstoffe verbunden ist, nachweisen.

Im Mittel beträgt die von 100 Gramm Froschmuskel bis zu dem Eintritt der Höhe der Todtenstarre abgegebene Kohlensäuremenge etwas

weniger als 0,02 % dem Gewichte nach. Rechnen wir auf trockene Muskelsubstanz, diese zu 20 % der feuchten Muskelmasse angenommen, so giebt dies für die Kohlensäureproduction etwa 0,1 % dem Gewichte nach.

Nach dem Tetanus sinkt diese Grösse der Kohlensäureabgabe oft um die Hälfte und etwas mehr.

Ein weiterer Zusammenhang zwischen Leistungsfähigkeit und Kohlensäureabgabe hat sich aus naheliegenden Gründen — die Versuche sind der Natur der Sache nach nicht scharf genug in ihren Resultaten, um geringere Schwankungen mit Sicherheit nachweisen zu können — nicht ergeben.

## § 3.

## Resultate.

1. Die im lebenden Thiere tetanisirten Muskeln liefern bis zur Höhe der Wärmestarre weniger Kohlensäure als die geruhten unter gleichen Verhältnissen.

Dem Muskeltetanus folgt eine Verminderung der Kohlensäureabgabe bei dem Absterben des betroffenen Muskels.

2. Die gleichnamigen Muskeln des gleichen Thieres liefern in der Zeiteinheit gleiche Kohlensäuremengen während der Ruhe.

3. Die Kohlensäureabgabe der Muskeln verschiedener Thiere derselben Species schwankt ganz in analoger Weise wie die Säureentwickelung in den Muskeln.

# Siebentes Capitel.

## Vergleichende Bestimmung des Zuckergehaltes des ruhenden und tetanisirten Muskels.

### § 1.

### Methode und Voruntersuchung.

In den Nachrichten von der G. A. Universität und der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen vom 14. August 1861 theilt G. Meissner unter dem Titel: »Zur Kenntniss der Stoffmetamorphose im Muskel« als vorläufige Mittheilung die Entdeckung eines wahren Zuckers in den Skeletmuskeln mit.

Ebenfalls in den Nachrichten der Göttinger Universität — für 1862, Nr. 10. Ueber die Darstellung des Fleischzuckers — in einem zweiten Artikel sichert er die erste Angabe durch die Mittheilung des Nachweises des Zuckers in Substanz[1]).

Unstreitig ist der Nachweis des Zuckers im Muskel eine der schönsten neueren Entdeckungen der physiologischen Chemie und giebt Boden für die weittragendsten Hypothesen über den Zersetzungsmodus der albuminähnlichen Stoffe.

Meissner verfehlte nicht, diese Schlüsse zu ziehen und suchte durch zwei Methoden, die vollkommen beweiskräftig erscheinen, die Ansicht zur Gewissheit zu erheben, dass der Zucker im Muskel in Wahrheit diesem Organe selbst und nicht etwa dem Blute entstamme und dass er ein Zersetzungsproduct des Eiweisses sei.

Er wies den Zucker in dem Muskel, aus welchem alles Blut durch Wasserinjection entfernt war, nach und fand ihn auch bei einem längere Zeit hindurch einzig mit Fleisch gefütterten Thiere.

---

1) Siehe auch Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie. 1861. S. 269. 296 ff.

Der Zucker entstammt demnach der Muskelsubstanz selbst, und gewiss ist es mehr als wahrscheinlich, dass es das Eiweiss ist, welchem er seine Entstehung verdankt.

Es lag sehr nahe, einem so gut charakterisirten Stoff, wie es der Muskelzucker nach der Entdeckung Meissner's ist, bei der vorliegenden Untersuchung Beachtung zu schenken. Es musste die Frage aufgeworfen werden, ob auch die Menge des Muskelzuckers durch den Tetanus einer Veränderung unterliege.

Die Frage schien sich einfach entscheiden zu lassen, da die Methode, welche Meissner zum qualitativen Nachweise benutzt hatte, sich unschwer zu einer quantitativen Bestimmungsmethode erheben lässt.

Meissner bediente sich zum Nachweise des Zuckers neben der Gährungsmethode der Reduction von Kupferoxyd zu Kupferoxydul durch Zucker in alkalischer Lösung.

Ueber letztere Methode sagt in der ersten Abhandlung Meissner Folgendes:

»Sehr schwer ist es den Fleischzucker von solchen stickstoffhaltigen Substanzen besonders Kreatin und Kreatinin zu reinigen, welche wie Ammoniak das im Entstehen begriffene Kupferoxydul in Lösung halten, daher kommt es sehr selten, dass sich Kupferoxydul ausscheidet; in den bei weiten häufigsten Fällen, in denen bei Anstellung der Probe das Kupferoxydul in Lösung bleibt . . . (ist) . . . es nothwendig, jedesmal die Flüssigkeit mit Salzsäure anzusäuren und mit einer frischbereiteten Lösung von Ferridcyankalium zu prüfen: der rothe Niederschlag von Ferridcyankupfer zeigt mit Sicherheit die Gegenwart von Kupferoxydul an.«

Diese Methode der Zuckerbestimmung lässt sich mit dem im vierten Capitel beschriebenen Wasserextracte mit ziemlicher Leichtigkeit zu einer quantitativen Bestimmungsmethode erheben. Ich realisirte dies folgendermaassen.

Ich bereitete mir eine sehr verdünnte Lösung von reinem Kupfervitriol in Kalilauge. Die Flüssigkeit war schön blau gefärbt und 0,2 CC. davon zu 20 CC. des Extractes gesetzt ertheilten diesen eine deutliche blaue Färbung. Das Extract befand sich in einem sehr kleinen Glaskölbchen, in welchem es zum Kochen gebracht wurde. Zu dem kochenden Wasserextract wurde nun tropfenweise die Kalikupferlösung zu-

gesetzt bis eben keine Entfärbung der Flüssigkeit mehr eintrat, 0,1 bis 0,2 CC. ist hiebei das Maximum der möglichen Fehlergrenze.

Das Resultat wurde noch einer weiteren Controle unterworfen. Ich tränkte schwedisches Filtrirpapier mit einer Lösung von Ferrocyankalium mit Salzsäure, welches zu diesem Zwecke stets frisch geschehen musste. Ein Tropfen einer Mischung von 0,1 CC. meiner Kalikupferlösung in 20 CC. Wasser gab auf diesem blauen Papiere noch einen deutlichen etwas körnigen braunrothen Niederschlag in Tropfenform umgeben von einem der Einwirkung des Kali entstammenden gelbrothen Ring. Kupferoxydullösung gab natürlich diese Reaction nicht. Ich hatte demnach in diesem Reagenspapiere ein Mittel in der Hand, einen Ueberschuss von nicht reducirter Kupferoxydlösung, und zwar 0,1 CC. derselben noch mit Genauigkeit zu erkennen.

Ich konnte mit dieser Methode hoffen, auch etwaige kleine Unterschiede in dem Zuckergehalt des Muskels vor und nach dem Tetanus mit Sicherheit nachweisen zu können.

Es schien mir jedoch zweckmässig, mich zuerst noch durch eigenen Augenschein von der Anwesenheit des Zuckers im Muskelsafte zu überzeugen. Ich wählte dazu die Gährungsmethode, mit der Absicht, aus der gegohrenen Flüssigkeit den entstandenen Alkohol zu gewinnen.

Zu diesem Zwecke nahm ich 4 Pfund möglichst blutfreies Fleisch — Kalbfleisch, aus welchem durch das Stechen des Thieres fast alles Blut entfernt wird — hackte dasselbe möglichst fein und kochte es mit dem gleichen Gewicht destillirten Wassers bis zur vollkommenen Gerinnung alles Eiweisses.

Die fast vollkommen klare sauere Flüssigkeit, welche die Eigenschaft, Kupferoxyd zu Oxydul zu reduciren, in hohem Maasse besass, wurde mit etwas Hefe versetzt, welche durch Auswaschen von allem etwa in ihr enthaltenen Zucker vollkommen befreit war — sie besass gekocht und filtrirt keine reducirenden Eigenschaften mehr — und in den Brutraum gesetzt. Um die Kohlensäureentwickelung der Fleischbrühe dem Auge vollkommen deutlich zu machen, war dem Kolben, in welchem sich die Brühe befand, ein Kölbchen mit Barytwasser vorgelegt.

Wenige Stunden nach dem Einsetzen der Fleischbrühe in den Brutraum begann die Kohlensäureentwickelung. Die Kohlensäure stieg in kleinen Bläschen auf und das vorgelegte Barytwasser begann sich

zu trüben. Nach zwölf Stunden war die Gährung im vollkommenen Gang, nach 36 Stunden war sie beendigt.

Nach 72 Stunden wurde die Fleischbrühe aus dem Brutraum genommen, um weiter untersucht zu werden.

Die Flüssigkeit roch nach faulem Käse und reagirte stark sauer, und, worauf ich einen Hauptnachdruck zu legen gezwungen bin, reducirt auch nach der Gährung des Zuckers noch freilich schwach die alkalische Kupferoxydlösung. Es ist selbstverständlich, dass ich mich vor etwaigen Täuschungen durch Kochen der Flüssigkeit und Filtriren — um alle etwa aus der Hefe stammenden Albuminate zu entfernen — sicher stellte.

Die sauere Flüssigkeit wurde in einer geräumigen Retorte der Destillation unterworfen mit Beobachtung der Vorsichtsmaassregeln, die die Destillation geringer Alkoholmengen erfordert.

Zuerst gingen vor einem Uebergang von Flüssigkeiten eigenthümlich stark riechende Dämpfe über, die sich in der Vorlage ansammelten und eine stark alkalische Reaction besassen, trotzdem dass sie aus einer saueren Flüssigkeit gewonnen waren. Mit Salzsäure bildeten sie dicke, weisse Nebel. Ich will sogleich hier andeuten, dass mich einige weitere Beobachtungen zu der Annahme zu berechtigen scheinen, dass wir es hiebei nicht allein mit Ammoniak sondern mit einer flüchtigen organischen Base: Methylamin zu thun haben, welches sich, wie bekannt unter den Zersetzungsproducten mehrerer organischer Verbindungen und in den durch Destillation aus thierischen Materien erhaltenen Oelen vorfindet.

Die Fleischflüssigkeit bleibt auch nach der Destillation sauer.

Durch viermalige Destillation wurden aus der Fleischflüssigkeit geringe Mengen — etwa 1 CC. — einer Flüssigkeit gewonnen, welche sich sogleich durch ihre Entzündbarkeit und geringe specifische Schwere etc. als Alkohol kennzeichnete. Es genügt der Nachweis des gebildeten Alkohols, um alle vielleicht noch gehegten Zweifel zu zerstreuen und festzustellen, dass die im Fleischsafte enthaltene, Kupferoxyd in alkalischer Lösung zu Oxydul reducirende Substanz wirklich, wenigstens ihrem Haupttheile nach, ein gährungsfähiger, wahrer Zucker sei.

Ich musste diese Einwendung, dass sich nicht alle reducirende Eigenschaft auf Zucker beziehen könne, aus dem schon oben ange-

führten Grunde machen, weil die Fleischflüssigkeit auch nach vollständigem Ablauf der Gährung noch, wenn auch in sehr geringem Grade reducirende Eigenschaften besitzt.

Veranlasst durch diese Beobachtung unternahm ich es, die Untersuchungen von L. v. Babo und G. Meissner über die Eigenschaft noch anderer organischer Substanzen als Zucker, das Kupferoxyd in alkalischer Lösung zu reduciren, zu wiederholen.[1])

Es gelingt sehr leicht, die Angabe der genannten Forscher, dass reine Harnsäure die fragliche Eigenschaft in hohem Maasse besitzt, zu bestätigen. Jeder Menschenharn besitzt in Folge dessen die reducirende Eigenschaft. Ebenfalls steht es vollkommen sicher, dass wie von denselben Untersuchern angegeben wird, Harnstoff und Hippursäure diese Eigenschaft nicht zeigen. Ebenso habe ich mich von der nichtreducirenden Wirkung des Guanin, Leucin, Pyroxin und des Strychnin überzeugt, letztere Base musste natürlich, da sie zur Erzeugung des Tetanus in den folgenden Versuchen benutzt werden sollte, der Untersuchung mit unterworfen werden. Auch Milchsäure und Kynurensäure reduciren in keiner Weise.

In Betreff des Kreatins und Kreatinins kam ich jedoch zu abweichenden Resultaten. Die genannten Autoren hatten erkannt, dass durch diese Körper eine gewisse Menge anderweitig gebildetes Kupferoxydul in Lösung erhalten werde. Ich muss behaupten, dass die Körper ausser dieser Eigenschaft noch die andere besitzen: Kupferoxyd zu Oxydul zu reduciren. Es bedarf hiezu keines weiteren Zusatzes von Alkali, da die fraglichen Körper besonders Kreatinin selbst die Rolle der Base vertreten.

Das gebildete Oxydul bleibt in Lösung, kann jedoch mit Ferridcyankalium mit Leichtigkeit nachgewiesen werden. Bei der Prüfung dieser Eigenschaft des Kreatins und Kreatinins ist es jedoch erforderlich, mit sehr verdünnten Kupferlösungen zu operiren, da die reducirende Eigenschaft zwar deutlich, jedoch gegen die des Zuckers gehalten nur sehr gering ist.

Die Beobachtung dieser Eigenschaft des Kreatins machte die messende Bestimmung der reducirenden Eigenschaft des Muskels nutz-

1) Zeitschrift f. rat. Medicin. 1858. II. S. 321.

los, wenn nicht festzustellen war, welchem der im Muskelsafte enthaltenen Stoffe diese Reaction vorzugsweise angehöre.

Die im Muskel enthaltenen, an der Reduction des Kupferoxydes sich betheiligenden Stoffe sind:

1. Zucker.
2. Kreatin.
3. Kreatinin.

Alle quantitativen Bestimmungen der reducirenden Eigenschaft des Muskelsaftes geben ein Gesammtresultat der Reduction durch die genannten Stoffe.

Schon auf den ersten Blick ist ersichtlich, dass die Gährung der Flüssigkeit ein Mittel an die Hand giebt, um wenigstens die reducirende Eigenschaft des Muskelzuckers von der der übrigen mitconcurrirenden Stoffe zu trennen.

Es wurden zu diesem Behufe eine grössere Reihe von Versuchen angestellt, welche das übereinstimmende Resultat ergaben, dass zwar nach der Gährung die reducirende Eigenschaft der Fleischbrühe noch nicht verschwunden sei, dass sie jedoch sich messenden Beobachtungen ihrer Geringfügigkeit wegen entzieht. Es ist danach möglich die reducirende Eigenschaft des Muskelsaftes allein auf den Zucker, der in ihm enthalten ist, zu beziehen, da der kleine Antheil, den die übrigen reducirenden Stoffe an dieser Eigenschaft des Muskelsaftes besitzen, gegen den des Zuckers vollkommen verschwindet.

Das Titer der angewendeten Kupferoxydlösung: 1 CC. alkalische Kupferoxydlösung entspricht = 0,000366 Gramm Zucker.

Diese Zahl liegt allen im folgenden Paragraphen gegebenen Berechnungen des Zuckergehaltes im Muskel zu Grunde.

Nach diesen Voruntersuchungen steht nun nichts mehr im Wege, die vergleichenden Zuckerbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel vorzunehmen.

## § 2.

### Vergleichende Zuckerbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Die Methode der quantitativen Zuckerbestimmung im Muskelsafte wurde schon im Allgemeinen in dem vorstehenden Paragraphen besprochen. Hier erübrigt es nur noch darauf hinzuweisen, dass bei der Bereitung des Wasserextractes keine der vielen Vorsichtsmaassregeln,

die im zweiten Capitel bei der Wasserbestimmung im Muskel und im vierten Capitel bei der Bestimmung der Extracte als unumgänglich nöthig bezeichnet wurden, um vergleichbare Resultate zu erhalten, hier unterlassen werden durften. Besonders war Vorsicht nothwendig, um alles Blut, das ja Zucker enthält, aus dem Muskel zu entfernen.

Es wird zweckmässig sein, sogleich zur Besprechung der Versuche selbst überzugehen. Die Resultate der Reduction sind mit Vernachlässigung des Kreatins etc. allein auf Zucker gerechnet.

### Versuch Nr. I.

Zu diesem Versuche wurden sechs Frösche verwendet. Drei davon wurden mit Strychnin tetanisirt; drei andere sogleich geschlachtet.

Von beiden Partieen Fröschen wurden aus 25 Gramm Fleisch 100 CC. Fleischflüssigkeit auf die schon oft besprochene Methode dargestellt.

Je 20 CC. der Fleischflüssigkeit wurden auf ihre reducirende Eigenschaft geprüft und zwar in der Art, dass sowohl zu der Flüssigkeit der ruhenden Frösche — Nr. I. — als zu der der tetanisirten — Nr. II. — 3 CC. der Kupferlösung gesetzt wurden. Das Resultat war folgendes:

1. I. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen noch stark blau.
2. II. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen gänzlich entfärbt.
3. I. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen noch blau.
4. II. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen gänzlich entfärbt.
5. I. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen noch blau.
6. II. 20 CC. Fleischflüssigkeit mit 3 CC. Kupferlösung: nach dem Kochen gänzlich entfärbt.

Der Versuch lehrt, so einfach er angestellt wurde, dass die reducirende Eigenschaft des Fleisches tetanisirter Frösche grösser ist, als bei geruhten Thieren. Der Zuckergehalt des Muskels erscheint im Widerspruch zu dem bisher ausnahmslos beobachteten Verhalten der übrigen Muskelstoffe im tetanisirten Muskel grösser als im geruhten.

Ueber quantitative Verhältnisse dieser Vermehrung des Zuckergehaltes ergiebt der Versuch keine Anhaltspuncte, doch ist auch so angestellt der Versuch instructiv und es eignet sich diese Methode vorzüglich, die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus möglichst rasch und einfach zu constatiren. Während bei Zusatz einer bestimmten Menge Kupferlösung die Flüssigkeit des geruhten Muskels blau bleibt, entfärbt sich die der tetanisirten vollkommen.

Es lag mir natürlich daran, das Resultat vorstehenden Versuches zu einem genau quantitativen zu machen. In den folgenden Versuchsreihen sind derartige Resultate zusammengestellt. Hiebei wurden nicht nur eine gleiche Anzahl von Fröschen ruhend und tetanisirt untersucht, sondern es wurde von jedem zur Untersuchung benutzten Frosche je ein Hinterbein abgebunden, ganz in der schon oftmals beschriebenen Weise, um die erhaltenen Resultate genau vergleichbar zu machen.

### Versuch Nr. II.

Es wurden sechs Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des frischen Muskels . . . . . | 20,25 Gramm. |
| „ „ gekochten „ . . . . . | 34,65 „ |
| In 20,25 Grammen frischem Muskel sind enthalten an festen Stoffen . . . . . | 4,14 „ |
| Demnach in 34,65 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . . | 30,51 „ |

Zu den 34,65 Gramm gekochten Muskel wurden noch 69,5 CC. destillirten Wassers gesetzt, die Gesammtmenge des Wassers im Muskel betrug dadurch 100 CC.

Nach 24stündigem Stehen wurden je 20 CC. von der Fleischflüssigkeit auf ihre reducirende Eigenschaft geprüft.

2. Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des frischen Muskels . . . . . | 24,90 Gramm. |
| „ „ gekochten „ . . . . . | 40,40 „ |
| In 24,9 Grammen frischem Muskel sind enthalten an festen Stoffen . . . . . | 4,55 „ |
| Demnach in 40,4 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . . | 35,8 „ |

Zu den 40,4 Gramm gekochten Muskel wurden noch 74,1 CC. destillirten Wassers gesetzt, die Gesammtmenge des Wassers im Muskel betrug dadurch 110 CC.

$$100 : 110 = 20{,}25 : 24{,}9.$$

Die Fleischflüssigkeit war demnach in I. und II. gleich concentrirt; gleiche Volumina der einen und der anderen entsprachen einander vollkommen.

Die reducirenden Eigenschaften waren folgende:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. 1. | 20 CC. | Fleischflüssigkeit | reducirten | 3 | CC. | Kupferlösung. |
| I. 2. | 20 „ | „ | „ | 3 | „ | „ |
| I. 3. | 20 „ | „ | „ | 3 | „ | „ |
| I. 4. | 10 „ | „ | „ | 1,5 | „ | „ |
| II. 5. | 20 „ | „ | „ | 6 | „ | „ |
| II. 6. | 20 „ | „ | „ | 6 | „ | „ |
| II. 7. | 20 „ | „ | „ | 6 | „ | „ |
| II. 8. | 10 „ | „ | „ | 3 | „ | „ |

Die acht vorstehend mitgetheilten Einzelversuche ergeben das übereinstimmende Resultat, dass der tetanisirte Muskel gerade um das Doppelte mehr Kupferoxyd reducirt als der geruhte.

Es muss bemerkt werden, dass die Kupferlösung in diesem und im folgenden Versuch nicht titrirt war, sodass diese Versuche auf die absoluten Mengen des im Muskel während seiner beiden physiologischen Zustände enthaltenen Zuckers keinen Schluss gestatten.

Ich lasse sogleich den dem Versuche Nr. II. ganz analogen Versuch Nr. III. folgen.

### Versuch Nr. III.

Es wurden dazu acht Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Gewicht des frischen Muskels . . . . . | 29,60 | Gramm. |
| „ „ gekochten „ . . . . . | 37,55 | „ |
| In 29,6 Grammen frischem Muskel sind an festen Stoffen . . . . . | 6,04 | „ |
| Demnach in 37,55 Grammen gekochtem Muskel Wasser . . . . . | 31,51 | „ |

Es wurden noch 118,49 CC. Wasser zugesetzt, die Gesammtwassermenge betrug dadurch 150 CC.

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des frischen Muskels . . . . . 33,90 Gramm.
„ „ gekochten „ . . . . . 47,10 „
In 33,9 Gramm frischen Muskels sind an festen Stoffen enthalten . . . . . 6,92 „
Demnach in 47,1 Gramm gekochten Muskels an Wasser . . . . . 40,18 „
Es wurden noch 131,6 CC. Wasser zugesetzt, die Gesammtmenge betrug dadurch . . . 171,8 CC.

29,6 : 33,9 = 150 : 171,8.

Die beiden Fleischflüssigkeiten I. und II. waren demnach vollkommen gleich concentrirt, sodass gleiche Volumina ganz gleichen Fleischmengen entsprachen.

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

I. 20 CC. Fleischflüssigkeit reducirten 1,2 CC. Kupferlösung.
II. 20 „ „ „ 1,8 „ „

Die reducirende Eigenschaft des ruhenden Muskels ist demnach um ⅓ geringer als die des tetanisirten Muskels. Der Zuckergehalt des Muskels hat durch den Tetanus um 50 % zugenommen.

Die Concentration der hiebei angewendeten Kupferlösung war unbekannt aber um ein Bedeutendes stärker als in den ersten beiden Versuchen.

Nachdem diese ersten Versuche nachgewiesen haben, dass der Zuckergehalt des Muskels durch den Tetanus steigt und zwar in einer Versuchsreihe um das Doppelte, in der anderen um die Hälfte des Gewichtes Zucker im ruhenden Muskel, schien es von Werth zu sein, die absoluten Zuckermengen in beiden Fällen genau zu bestimmen.

Zu diesem Zwecke wurde, wie schon in § 1 angegeben, die verwendete alkalische Kupferoxydlösung auf Krümelzucker titrirt:

1 CC. Kupferoxydlösung entsprach 0,000366 Gramm Krümelzucker.

Mit dieser Lösung wurde bei allen folgenden Versuchen titrirt.

## Versuch Nr. IV.

Es wurden dazu sechs Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des frischen Muskels . . . . . 26,70 Gramm.
„ „ gekochten „ . . . . . 27,70 „

In 26,7 Gramm frischen Muskels sind enthalten
an festen Stoffen . . . . . 5,30 Gramm.
Demnach in 27,7 Gramm gekochten Muskels an
Wasser . . . . . 23,4 „
Es wurden noch 101,6 CC. Wasser zugesetzt, die
Gesammtwassermenge betrug dadurch . . . 125 CC.

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des frischen Muskels . . . . . 28,9 Gramm.
„ „ gekochten „ . . . . . 28,3 „
In 28,9 Gramm frischen Muskels sind enthalten
an festen Stoffen . . . . . 5,50 „
Demnach in 28,3 Gramm gekochten Muskels sind
an Wasser . . . . . 22,8 „
Es wurden noch 102,2 CC. Wasser zugesetzt, die
Gesammtwassermenge betrug dadurch . . . 125 CC.

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

1. Ruhender Muskel.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 20 CC. | Fleischflüssigkeit reducirten | 1,4 CC. | Kupferlösung. |
| 2. | 20 CC. | „ „ | 1,4 CC. | „ |
| 3. | 20 CC. | „ „ | 1,6 CC. | „ |
| 4. | 20 CC. | „ „ | 1,6 CC. | „ |
| 5. | 10 CC. | „ „ | 0,8 CC. | „ |
| | **125** CC. | „ „ | **10,0** CC. | „ |

125 CC. Fleischflüssigkeit entsprechen 26,7 Gramm Fleisch; 100 Gramm ruhender Muskel reducirten demnach 37,4 CC. Kupferoxydlösung, d. h. 100 Gramm ruhender Froschmuskel enthalten: 0,014 Gramm Zucker.

2. Tetanisirter Muskel.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6. | 20 CC. | Fleischflüssigkeit reducirten | 2,2 CC. | Kupferlösung. |
| 7. | 20 CC. | „ „ | 2,4 CC. | „ |
| 8. | 20 CC. | „ „ | 2,4 CC. | „ |
| 9. | 20 CC. | „ „ | 2,5 CC. | „ |
| 10. | 10 CC. | „ „ | 1,3 CC. | „ |
| | **125 CC.** | „ „ | **15,0 CC.** | „ |

125 CC. Fleischflüssigkeit entsprechen 28,9 Gramm Fleisch; 100 Gramm tetanisirter Muskel reducirten demnach 52,0 CC. Kupferoxyd-

lösung, d. h. 100 Gramm frischer tetanisirter Froschmuskel enthalten: 0,019 Gramm Zucker.

100 Gramm ruhender Muskel enthalten Zucker = 0,014 Gramm.
100 „ tetanisirter „ „ „ = 0,019 „
Der tetanisirte Muskel enthält mehr . . . = 0,005 „

In Procenten der Gesammtzuckermenge der ruhenden Muskel beträgt die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus in diesem Falle **36 %**.

Versuch Nr. V.

Es wurden dazu 8 Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des frischen Muskels . . . . . | 27,20 Gramm. |
| Gewicht des gekochten Muskels . . . . . | 23,50 „ |
| In 27,2 Gramm frischen Muskels sind enthalten an festen Stoffen . . . . . | 5,40 „ |
| Demnach in 23,5 Gramm gekochten Muskels Wasser . . . . . | 18,10 „ |
| Dazu wurden noch zugesetzt 91,9 CC. Wasser, sodass die Gesammtwassermenge betrug . . | 110 CC. |

2. Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des frischen Muskels . . . . . | 27,2 Gramm. |
| Gewicht des gekochten Muskels . . . . . | 25,5 „ |
| In 27,2 Gramm frischen Fleisches sind enthalten an festen Stoffen . . . . . | 5,4 „ |
| Demnach in 25,5 Gramm gekochten Muskels Wasser . . . . . | 20,1 „ |
| Dazu wurden noch zugesetzt 89,9 CC. Wasser, sodass die Gesammtwassermenge betrug . . | 110 CC. |

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

1) Von der Fleischflüssigkeit des ruhenden Muskels reducirten 20 CC. = 1,7 CC. Kupferlösung. **110 CC.** demnach = **9,35 CC.**

110 CC. Fleischflüssigkeit entsprechen 27,2 Gramm ruhenden Muskels; 100 Gramm ruhenden Muskels reducirten demnach 34,4 CC. Kupferoxydlösung, d. h. 100 Gramm ruhenden Froschmuskels enthalten: 0,013 Gramm Zucker.

2) Von der Fleischflüssigkeit des tetanisirten Muskels reducirten 20 CC. = 2,4 CC. Kupferlösung. **110 CC.** demnach = **13,17 CC.**

110 CC. Fleischflüssigkeit entsprechen 27,2 Gramm tetanisirten Muskels; 100 Gramm tetanisirten Muskels reducirten demnach 48,4 CC. Kupferoxydlösung, d. h. 100 Gramm tetanisirten Froschmuskels enthalten: 0,017 Gramm Zucker.

100 Gramm ruhenden Muskels enthalten an Zucker = 0,013 Gramm.
100 „ tetanisirten „ „ „ „ = 0,017 „
Der tetanisirte Muskel enthält mehr . . . . = 0,004 „

In Procenten der Gesammtzuckermenge des ruhenden Muskels beträgt die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus in diesem Falle 31%.

Auch dieses Versuchsergebniss stimmt vollkommen mit den bisherigen. Das Resultat steht fest, dass der Muskel nach dem Tetanus im lebenden Thiere zuckerreicher ist, als vor demselben.

## § 3.

### Wo wird der Zucker, der nach dem Tetanus im Muskel vermehrt ist, gebildet?

Um die eben dargelegte Beobachtung richtig würdigen zu können, musste es mir daran liegen, einen naheliegenden Einwand gegen die von Meissner herrührende Annahme, dass der Muskelzucker einer Eiweisszersetzung im Muskel entstamme, zurückzuweisen.

Man könnte nämlich auf den Verdacht kommen, das der im Muskel im ruhenden Zustand vorhandene, nach dem Tetanus vermehrte Zucker zwar im Organismus aus dem Eiweisse der Nahrung gebildet werde, wie diess die Versuche Meissner's mit Fleischfütterung nicht anders annehmen lassen, aber nicht im Muskel selbst, sondern in dem als zuckerbildend schon längst erkannten Organe, der Leber. Man müsste dann annehmen, dass durch Diffusion der Zucker aus dem Blute in den Muskel gelangen und sich da bis zu einem gewissen Grad anhäufen könne. Ist durch den Tetanus die zuckerbildende Eigenschaft der Leber gesteigert, so dass demnach das Blut mit einer grösseren Zuckermenge in diesem Organe beladen wird, so erklärt sich die grössere Zuckermenge im Muskel einfach aus rein physikalischen Gesetzen.

Es lagen zwei Wege zur Entscheidung der Frage vor, ob die Leber bei der Vermehrung des Zuckergehaltes im Muskel bei dem Tetanus eine Rolle spiele, oder nicht.

Ich benutzte dazu vor allem die Methode der Exstirpation der Leber und der nachträglichen Vergiftung des operirten Thieres mit Strychnin.

Die Versuchsvorbereitung war folgende. Der zu operirende Frosch wurde auf ein Operationsbrettchen aufgebunden; etwas rechts von der Mittellinie des Bauches ein Hautschnitt und Muskelschnitt bis über den oberen Leberrand geführt, an das obere Ende des Muskelschnittes noch ein rechtwinkelig aufsitzender Querschnitt nach hinten und aussen angeschlossen. Der Frosch drückt nun selbst seine Eingeweide theilweise aus der Wunde heraus und es ist leicht die Leber am besten direct mit den Fingern von ihren losen Anheftungen zu trennen und einen festen aber dünnen Faden hinter ihr herum zu führen, abzubinden und mit der Scheere abzutrennen. Auf diese Weise ist es möglich, fast vollkommen blutlos die Operation zu vollenden. Die Bauchwunde wurde mit einigen Heften vereinigt und sodann in gewöhnlicher Weise der eine Hinterschenkel abgebunden und das Thier vergiftet.

Die einfache Unterbindung des Herzens, welche die Blutcirculation auch vollkommen ausgeschlossen hätte, wovon man einen analogen Erfolg hätte erwarten können, wie von der Leberexstirpation, verwarf ich deswegen, weil die Wirkung des Lymphstromes damit noch nicht aufgehoben ist und man von diesem eine analoge Wirkung, wie vom Blute würde erwarten können.

Ich gehe sogleich zur Beschreibung der an den entleberten Fröschen erhaltenen Resultate über.

## Vergleichende Zuckerbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel entleberter Frösche.

### Versuch Nr. I.

Zwei Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Frischer Muskel wog . . . . . | 7,40 Gramm |
| Muskelgewicht nach dem Kochen . . . . . | 8,35 „ |
| In 7,40 Gramm frischen Muskels sind enthalten feste Stoffe . . . . . | 1,48 „ |
| In 8,35 Gramm gekochten Muskels demnach Wasser | 6,90 „ |
| Es wurden noch 23,1 CC. Wasser zugesetzt, so dass die Gesammtwassermenge betrug . . . | 30 CC. |

2. Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des frischen Muskels . . . . . | 8,80 Gramm. |
| Gewicht des gekochten Muskels . . . . . | 13,40 „ |
| In 8,8 Gramm frischen Muskels sind an festen Stoffen . . . . . | 1,70 „ |
| Demnach in 13,4 Gramm gekochten Muskels Wasser . . . . . | 11,7 „ |
| Es wurden noch 24,0 CC. Wasser zugesetzt, so dass die Gesammtwassermenge betrug . . . | 35,7 CC. |

7,4 : 8,8 = 30 : 35,7.

Die Wassermengen verhalten sich wie die Muskelgewichte, die Fleischflüssigkeiten sind also gleich concentrirt, gleiche Volumina entsprechen einander direct.

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

1. Ruhender Muskel:

15 CC. Fleischflüssigkeit reducirten = 1,2 CC. Kupferlösung.

30 CC. Fleischflüssigkeit = 7,4 Gramm ruhender Froschmuskel reducirten also = 2,4 CC. Kupferoxydlösung, 100 Gramm ruhender Muskel reducirten demnach 32,4 CC. der Kupferoxydlösung, d. h. in 100 Gramm ruhendem Muskel sind enthalten 0,012 Gramm Zucker.

2. Tetanisirter Muskel.

15 CC. Fleischflüssigkeit reducirten = 1,5 CC. Kupferlösung.

35,7 CC. Fleischflüssigkeit = 8,8 Gramm tetanisirten Froschmuskels reducirten also = 3,75 CC. Kupferoxydlösung. 100 Gramm tetanisirten Froschmuskels reducirten demnach 42,6 CC. der Kupferoxydlösung, d. h. in 100 Gramm tetanisirten Froschmuskels sind enthalten 0,016 Gramm Zucker.

| | |
|---|---|
| 100 Gramm ruhender Froschmuskel enthält Zucker = | 0,012 Gramm. |
| 100 „ tetanisirter „ „ „ = | 0,016 „ |
| Der tetanisirte Muskel enthält mehr . . . . = | 0,004 „ |

In Procenten der Gesammtzuckermenge des ruhenden Muskels beträgt die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus in diesem Falle **33,3 %**.

Trotz der Entleberung der angewendeten Frösche sehen wir eine Vermehrung des Zuckers im Muskel eintreten und zwar in vollkommen normaler Weise.

Der folgende Versuch ist dem eben mitgetheilten analog.

Versuch Nr. II.
Drei Frösche angewendet.

1. Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des frischen Muskels . . . . . | 12,05 Gramm. |
| Gewicht des gekochten Muskels . . . . . | 13,30 „ |
| In 12,05 Gramm frischen Muskels sind enthalten an festen Stoffen . . . . . | 2,40 „ |
| In 13,3 Gramm gekochten Muskels demnach an Wasser . . . . . | 10,90 „ |
| Es wurden noch 39,1 CC. Wasser zugesetzt, so dass die Gesammtwassermenge betrug . . . | 50 CC. |

2. Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des frischen Muskels . . . . . | 13,15 Gramm. |
| Gewicht des gekochten Muskels . . . . . | 14,40 „ |
| In 13,15 Gramm frischen Muskels sind enthalten an festen Stoffen . . . . . | 2,63 „ |
| Demnach in 14,4 Gramm gekochten Muskels an Wasser . . . . . | 11,77 „ |
| Es wurden noch 42,7 CC. Wasser zugesetzt, so dass die Gesammtwassermenge betrug . . | 54,5 CC. |

12,05 : 13,15 = 50 : 54,5.

Die Wassermengen verhalten sich wie die Muskelgewichte, gleiche Volumina der Muskelflüssigkeit entsprechen demnach einander.

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

1. Ruhender Muskel.

10 CC. Fleischflüssigkeit reducirten 0,7 CC. Kupferlösung.
20 CC. „ „ 1,5 CC. „
50 CC. „ „ 3,5 CC. „

50 CC. Fleischflüssigkeit entsprechen 12,05 Gramm Muskel, es reducirten demnach 100 Gramm ruhender Muskel 29,0 CC. Kupferoxydlösung, d. h. in 100 Gramm ruhenden Muskels waren enthalten 0,011 Gramm Zucker.

2. Tetanisirter Muskel.

10 CC. Fleischflüssigkeit reducirten 1,1 CC. Kupferlösung.
20 CC. „ „ 2,2 CC. „
54,5 CC. „ „ 6,0 CC. „

54,5 CC. entsprechen 13,15 Gramm Muskel, es reducirten demnach 100 Gramm tetanisirten Muskels 45,5 CC. Kupferoxydlösung, d. h. in 100 Gramm tetanisirten Muskels waren enthalten 0,017 Gramm Zucker.

100 Gramm ruhenden Muskels enthalten an Zucker = 0,011 Gramm.
100 „ tetanisirten „ „ „ „ = 0,017 „
Der tetanisirte Muskel enthält mehr um . . . = 0,006 „

In Procenten der Gesammtzuckermenge des ruhenden Muskels beträgt die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus in diesem Falle 55 %.

Diese beiden Versuche ergeben mit voller Deutlichkeit, dass die Exstirpation der Leber auf die Vermehrung des Zuckers im Muskel durch den Tetanus vollkommen ohne Einfluss bleibt, dass demnach mit aller Sicherheit der Muskel selbst als die Bildungsstätte des Zuckers angesehen werden darf. Der Muskel ist ein zuckerbildendes Organ.

Die beiden Versuche an entleberten Fröschen sind den an nicht entleberten angestellten vollkommen analog.

Nach Führung des indirecten Beweises, dass der Zucker im Muskel nach dem Tetanus nicht der Leber entstamme, haben wir noch, um jede Einwendung zurückzuweisen, die directe Beweisführung selbst auch anzutreten.

Es ist klar, dass dieser geforderte directe Beweis dann geführt sein wird, wenn es uns gelingen sollte, in dem ausgeschnittenen, blutfreien Muskel, nachdem wir ihn auf elektrischem Wege in Tetanus versetzt haben, die bisher stets gefundene Vermehrung des Zuckers ebenfalls deutlich nachzuweisen.

Die Methode des elektrischen Tetanisirens war die schon mehrmals beschriebene; das Material zu den Zuckerbestimmungen — Fleischwasserextract — lieferten zu den folgenden beiden ersten Versuchen die zu den im vierten Capitel § 4, als Nr. IV. und Nr. V. aufgeführten Wasserextractbestimmungen verwendeten Frösche. Der folgende Versuch Nr. I. entspricht dem dortigen Versuch Nr. IV., Nr. II. dem Nr. V. Die Gewinnung und die quantitativen Verhältnisse des Wasserextractes für diese beiden Versuche muss am angegebenen Orte nachgesehen werden. Der folgende Versuch Nr. III. ist bisher noch nicht erwähnt.

Gehen wir sogleich zur Besprechung der Resultate der Zuckerbestimmung über.

Vergleichende Zuckerbestimmung im ausgeschnittenen tetanisirten Muskel.

Versuch Nr. I.

1. Ruhender Muskel.

Das Fleisch wog frisch . . . . . 13,9 Gramm.
Die Gesammtextractmenge betrug . . 100 CC.
Das Resultat der Reduction war folgendes:

*a*) Flüssigkeit vor dem Gähren.

25 CC. Wasserextract des ruhenden Muskels reducirten nicht ganz (die Flüssigkeit hatte schon eine leichte Färbung) . . . . . 1,8 CC. alkal. Kupferl.
100 CC. = 13,9 Gramm ruhenden Muskels reducirten also vor dem Gähren . . . . 7,2 CC. „ „
100 Gramm ruhender Muskel . . . 51,8 CC. „ „

*b*) Nach dem Gähren.

25 CC. Wasserextract reducirten nicht ganz (die Flüssigkeit ist röthlich blau) . . . . . 0,6 CC. alkal. Kupferl.

2. Tetanisirter Muskel.

Das Fleisch wog frisch . . . . . 14,85 Gramm.
Die Gesammtextractmenge betrug . 25 CC.
Das Resultat der Reduction war folgendes:

*a*) Flüssigkeit vor dem Gähren.

25 CC. des Wasserextractes des tetanisirten Muskels reducirten . . . . . 3,4 CC. alkal. Kupferl.
100 CC. = 14,85 Gramm tetanisirten Muskels reducirten also vor dem Gähren . . . 13,6 CC. „ „
100 Gramm tetanisirter Muskel . . 91,5 CC. „ „

*b*) Nach dem Gähren.

25 CC. Wasserextract wurden blauroth bei Zusatz von (die Färbung ist schwächer als bei dem geruhten Muskel) . . . . . 0,6 CC. alkal. Kupferl.

100 Gramm ruhender Muskel reducirten vor dem Gähren: 51,8 CC. der alkalischen Kupferoxydlösung; 100 Gramm tetanisirter Muskel

hingegen: 91,5 CC. Der tetanisirte Muskel reducirte also mehr um 39,7 CC.! Die reducirende Eigenschaft des ruhenden Muskels = 100 angenommen so war die des tetanisirten: 176,6.

Nicht die ganze Grösse der Reduction ist auf die Anwesenheit des Zuckers zu schieben. Wir sehen, dass auch noch nach dem Gähren ein Rest der reducirenden Eigenschaften der Fleischflüssigkeit übrig war, doch konnte der Grad der reducirenden Eigenschaft nicht mehr genau bestimmt werden. Nehmen wir an, dass die 25 CC. nach dem Gähren wirklich noch 0,6 CC. der alkalischen Kupferoxydlösung reducirt hätten, was schon für den tetanisirten Muskel, noch mehr aber für den geruhten weit zu hoch gegriffen ist — die Flüssigkeit war ja schon stark gefärbt, — so würden von den reducirenden Eigenschaften des Muskelextractes bei 100 Gramm Muskel 17,2 CC. entsprechend auf andere reducirende Körper als Zucker treffen. 100 Gramm ruhender Muskel reducirten vor dem Gähren: 51,8 CC., davon gingen also 17,2 CC. ab, es blieben demnach für Zucker: 34,6 CC.; 100 Gramm tetanisirter Muskel reducirten vor dem Gähren 91,5 CC., nach dem Gähren auch noch 17,2 CC., es treffen also bei ihm auf Zucker: 74,3 CC.

Das Resultat des Versuches ist sehr deutlich:

Auch der ausgeschnitten tetanisirte Muskel zeigt eine Vermehrung seines Zuckergehaltes in Folge des Tetanus. Der Gährungsversuch zeigt, dass die übrigen reducirenden Stoffe des Muskels ausser Zucker auf das Resultat der Reduction von keinem wesentlichen Einflusse seien.

Die Gährungsversuche, die Versuche, nach der Gährung noch die reducirenden Eigenschaften des Fleischextractes zu bestimmen, hatten alle ein gleiches Resultat: stets wurden die Flüssigkeiten schon durch wenige Tropfen der alkalischen Kupferoxydlösung gefärbt, sodass eine scharfe Bestimmung der reducirenden Eigenschaften nicht mehr ausführbar war. Fast immer jedoch schien der tetanisirte Muskel noch stärker als der geruhte zu reduciren, was ich auf eine Vermehrung des Kreatins beziehen musste. Das eben angeführte Beispiel mag zur Veranschaulichung der Verhältnisse genügen.

### Versuch Nr. II

1. Ruhender Muskel.

Das Fleisch wog frisch . . . . . 13,05 Gramm.
Die Gesammtmenge des Extractes betrug 100 CC.

Das Resultat der Reduction war folgendes:

25 CC. des Wasserextractes des ruhenden Muskels reducirten . . . . . 0,9 CC. alkal. Kupferl.
100 CC. = 13,05 Gramm ruhender Muskel reducirten also . . . . . 3,6 CC. „ „
100 Gramm ruhender Muskel . . . **27,5** CC. „ „

2. Tetanisirter Muskel.

Das Fleisch wog frisch . . . . . 13,7 Gramm.
Die Gesammtmenge des Extractes betrug 100 CC.

Das Resultat der Reduction war folgendes:

25 CC. des Wasserextractes des tetanisirten Muskels reducirten . . . . . 3,0 CC. alkal. Kupferl.
100 CC. = 13,7 Gramm tetanisirten Muskels reducirten also . . . . . 12,0 CC. „ „
100 Gramm tetanisirter Muskel . . **87,6** CC. „ „

100 Gramm ruhender Muskel reducirten: **27,5** CC. der alkalischen Kupferoxydlösung; 100 Gramm tetanisirter Muskel: **87,6** CC. Der tetanisirte Muskel reducirte also mehr um **60,1** CC.! Die reducirenden Eigenschaften des ruhenden Muskels = 100 angenommen so war die des tetanisirten: 355.

Auch hier zeigt sich demnach eine sehr deutliche Vermehrung des Zuckers im ausgeschnitten tetanisirten Muskel in Folge des Tetanus.

## Versuch Nr. III.

3 Frösche verwendet.

Beginn des Tetanus: $8^h$ 20'.
Ende des Tetanus: $9^h$ 30'.

1. Ruhender Muskel.

Muskel frisch . . . . . 14,1 Gramm.
In 14,1 Gramm Muskel sind Wasser . . 11,3 „
Bei dem Kochen kamen hinzu . . . . 15,8 „
Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verbraucht . . . . . 72,9 „
Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser . . . . . 100 „ = C.C

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

| | | |
|---|---|---|
| 25 CC. des Wasserextractes des ruhenden Muskels reducirten . . . . . | 1 CC. | alkal. Kupferl. |
| 100 CC. = 14,1 Gramm ruhender Muskel reducirten also . . . . . | 4 CC. | „ „ |
| 100 Gramm ruhender Muskel . . . | 28,3 CC. | „ „ |

2. Tetanisirter Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Muskel frisch . . . . . | 17,7 Gramm. | |
| In 17,7 Gramm Muskel sind Wasser . . | 14,1 „ | |
| Beim Kochen kamen noch hinzu . . . | 11,2 „ | |
| Zur Bereitung der Emulsion wurden noch an Wasser verwendet . . . . . | 74,7 „ | |
| Die Emulsion enthielt demnach im Ganzen an Wasser . . . . . | 100 „ | = CC. |

Das Ergebniss der Reduction war folgendes:

| | | |
|---|---|---|
| 25 CC. des Wasserextractes des tetanisirten Muskels reducirten . . . . . | 2,5 CC. | alkal. Kupferl. |
| 100 CC. = 17,7 Gramm tetanisirter Muskel reducirten also . . . . . | 10 CC. | „ „ |
| 100 Gramm tetanisirter Muskel . . | 56,5 CC. | „ „ |

100 Gramm ruhender Muskel reducirten: 28,3 CC. der alkalischen Kupferoxydlösung; 100 Gramm tetanisirter: 56,5 CC. Der tetanisirte Muskel reducirte also mehr um: 28,2 CC.! Die reducirenden Eigenschaften des ruhenden Muskels = 100 angenommen so sind die des tetanisirten: 200.

Das Resultat der Zuckervermehrung durch den Tetanus ist auch hier sehr deutlich.

---

Wir haben somit den geforderten directen Beweis geführt, dass der Zucker, welcher sich nach dem Tetanus des Muskels in letzterem vermehrt zeigt, wirklich auch an dem Orte, an welchem er gefunden wird, entsteht und nicht etwa von aussen her einwandert. Mit anderen Worten: der Zucker bildet sich aus der Muskelsubstanz selbst.

Die Angabe Meissner's ist dadurch vollkommen bestätigt.

In folgender Tabelle stelle ich zur besseren Uebersicht die gewonnenen procentischen Werthe für die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus tabellarisch zusammen.

**Tabelle**

über den procentischen Zuckergehalt des ruhenden und tetanisirten Muskels.

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Versuchsthieres, Frosch. | Zustand des Muskels. 100 Gramm. | Menge der von 100 Gramm Muskel reducirten Kupferoxydlösung in CC. | Procentischer Zuckergehalt des Muskels. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Frosch lebend, mit Leber. | ruhend<br>tetanisirt | 74,0<br>132,0 | —<br>— |
| 2. | „ | ruhend<br>tetanisirt | 30,4<br>45,4 | 0,011<br>0,017 = + 0,006 |
| 3. | „ | ruhend<br>tetanisirt | 37,4<br>52,0 | 0,014<br>0,019 = + 0,005 |
| 4. | „ | ruhend<br>tetanisirt | 34,4<br>48,4 | 0,013<br>0,017 = + 0,004 |
| 5. | Frosch lebend ohne Leber. | ruhend<br>tetanisirt | 32,4<br>48,4 | 0,012<br>0,016 = + 0,004 |
| 6. | „ | ruhend<br>tetanisirt | 29,0<br>45,5 | 0,011<br>0,017 = + 0,006 |
| 7. | Frosch geschlachtet, der Muskel ausgeschnitten tetanisirt. | ruhend<br>tetanisirt | 51,8<br>91,5 | —<br>— |
| 8. | „ | ruhend<br>tetanisirt | 27,5<br>87,6 | —<br>— |
| 9. | „ | ruhend<br>tetanisirt | 28,3<br>56,5 | —<br>— |
| **Im Mittel** | — | **ruhend**<br>**tetanisirt** | **100**<br>**144** | **0,012**<br>**0,017** |
| Auf trockene Muskelsubstanz gerechnet | | ruhend = 20,4%<br>tetanisirt = 18,3% | | **0,058**<br>**0,093** |

### § 4.

### Resultate.

1. Ich bestätige die Angabe Meissner's von dem Vorkommen eines wahren, gährungsfähigen Zuckers im Muskel.

2. Die Eigenschaft der Fleischbrühe in alkalischer Lösung Kupferoxyd zu Oxydul zu reduciren rührt nicht allein von ihrem Zuckergehalt her: auch Kreatin und vornehmlich Kreatinin besitzen diese Eigenschaft in geringem Grade.

3. Der Muskel ist nach dem Tetanus zuckerreicher als vorher im Zustande der Ruhe, und zwar beträgt die Vermehrung des Zuckers durch den Tetanus im Durchschnitt 41%.

4. Die Leber ist von keinem Einfluss auf die Vermehrung des Zuckers im Muskel während des Tetanus.

5. Der Zucker entsteht während des Tetanus im Muskel selbst aus der Muskelsubstanz.

6. Der Gehalt des ruhenden Froschmuskels beträgt 0,58 pr. Mll.; der des tetanisirten beinahe 1 pr. Mll. (0,93) der trockenen Muskelsubstanz.

---

## Achtes Capitel.

## Der Fettgehalt des Muskels.

### § 1.

### Versuchsplan.

Durch eine Gedankenreihe, die sich an die Thatsache der Vermehrung der in Alkohol löslichen Extractivstoffe durch den Tetanus anknüpfte, wurde ich auf die Untersuchung des Fettgehaltes des Muskels vor und nach dem Tetanus hingeführt.

Man weiss längst, dass alles Fleisch, auch das mikroskopisch vollkommen fettfreie, einen oder mehrere in Aether lösliche sich als Fett charakterisirende Stoffe besitze.

Man weiss ferner, dass unter pathologischen Bedingungen in dem Muskel eine grosse Menge dieses Fettes sich ansammeln könne und die pathologischen Anatomen nannten seit langer Zeit diesen anomalen

Zustand: fettige Degeneration der Muskelsubstanz. Es schien aus dieser Bezeichnung hervorzugehen, dass man an eine Umwandlung der Muskelsubstanz in Fett dachte.

Trotzdem betrachtete man den bekannten normalen Fettgehalt des Muskels, wie ich glaube, noch niemals von dem Gesichtspuncte, als könnte er sein Entstehen auch unter normalen Verhältnissen einer Zersetzung der Muskelsubstanzen selbst verdanken. Man hielt sich, soviel mir bekannt, stets an den Gedanken, dass das Fett des Muskels den in demselben enthaltenen Nerven entstamme.

Es ist keine Frage, dass sich gegen die letztgenannte Annahme schon mit unseren jetzigen Kenntnissen, wie mir vorkommt, gegründete Einwände machen lassen.

Wenn wir uns daran erinnern, dass die pathologischen Zustände keine qualitative sondern nur eine quantitative Verschiedenheit zeigen von den Zuständen und Vorgängen des normalen Lebens, so erscheint uns schon die oben genannte fettige Degeneration in diesem Lichte nur als eine Steigerung schon normal in geringerer Grösse vor sich gehender Processe.

Andererseits scheint mir die normal im Muskel sich findende Fettmenge zu gross um allein auf die in demselben vorhandenen Nervenausbreitungen bezogen werden zu können.

Ein dritter Grund wiegt für mich besonders schwer. Wir haben gefunden, dass in einigen Beziehungen das Fleisch alter sich wenig bewegender Individuen — zweites Capitel, § 3. — sich ähnlich verhalte dem tetanisirten Muskel: vor allem machte ich auf die Vermehrung des Wassergehaltes und die Verminderung der Oxydationsvorgänge im Muskel unter den genannten Umständen aufmerksam.

Es fand sich nun bei der Betrachtung des Fleisches der untersuchten beiden alten Individuen, dass der Fettgehalt desselben sehr bedeutend hoch war. Er betrug in dem einen Falle (Frau): 5,5% der trockenen Muskelsubstanz, die im Ganzen nur 18,8% des feuchten Muskels ausmachte. In dem anderen Falle (Mann) ist das Verhältniss der anderen Muskelsubstanzen zum Fette noch ungünstiger. Die Fettmenge betrug 5,0% der festen Stoffe, diese selbst nur 15,2% des frischen Muskels. Der Fettgehalt des Gesammtkörpers und zwar das Fett im Fettgewebe und in der Nervensubstanz hatte sich hierbei in ähnlichem Verhältnisse vermindert als der Körper überhaupt ärmer an

festen Stoffen geworden war. Es kann sich demnach der gesteigerte Fettgehalt des Muskels nicht etwa auf eine Vermehrung der Nervenmasse im Muskel in Folge des Alters beziehen. Eine gesteigerte Fettanlagerung von Aussen her fand ebenfalls nicht statt, im Gegentheile ist diese sehr bedeutend vermindert. Es bleibt uns also kaum eine andere Annahme übrig, als dass das Fett da, wo wir es finden, im Muskel auch wirklich entstanden sei.

Auch die Leichenwachsbildung spricht für die Möglichkeit einer Umbildung der Muskelstoffe in fettähnliche Körper bei einer Behinderung der Oxydation. Eine derartige Behinderung der Oxydationsvorgänge im Muskel durch den Tetanus und das Alter haben wir schon im zweiten Capitel behauptet und wir werden sie in der Folge unserer Untersuchung noch mit aller Bestimmtheit für den ersteren physiologischen Zustand erweisen.

Nach diesen Betrachtungen scheint mir der Gedanke, dass vielleicht der Tetanus auf den Fettgehalt des Muskels von Einfluss sei, nicht mehr vollkommen unberechtigt, und ich mache mich an die Darlegung der zur Entscheidung dieser Frage angestellten Versuche.

## § 2.

### Methode der Fettbestimmung.

Die Fettbestimmungen im ruhenden verglichen mit dem tetanisirten Muskel wurden im Anschluss an die Bestimmungen des Gesammtalkoholextractes angestellt. Ueber die Methode der Erzeugung des Tetanus, der auch, um von vornherein alle Zweifel über den Ort der Entstehung des Fettes auszuschliessen, am ausgeschnittenen, blutfreien Muskel erregt wurde, muss im vierten Capitel § 5 nachgesehen werden. Bei der Besprechung der einzelnen Versuche wird angegeben werden, zu welchen Alkoholextractbestimmungen jede Fettbestimmung gehört.

Die Bestimmung des Fettes wurde in der Weise gemacht, dass von dem Alkoholextract, dessen Beziehung zu dem angewendeten Muskelgewicht genau bekannt war, eine bestimmte gemessene Menge mit Glaspulver in einer flachen Schale getrocknet wurde bei möglichst niederer Temperatur. Nachdem das Extract vollkommen trocken war, wurde die Gesammtmenge mit dem Glaspulver sorgfältig aus der Schale herausgenommen und in eine unten mit fettfreier Baumwolle verschlossene in eine feine Oeffnung ausgehende Glasröhre von der Dicke einer Ver-

brennungsröhre eingefüllt. Die Schale wurde ganz in der bei Einfüllung für Elementaranalysen gebräuchlichen Weise mit Glaspulver vollkommen nachgewaschen und gereinigt; das Waschpulver wurde ebenfalls in die Extractionsröhre gebracht (C. Voit).

Die Extractionsröhre war senkrecht befestigt, unter ihrer feinen Oeffnung stand ein genau tarirtes Gläschen, in welches der oben in die Röhre aufgegossene Aether ablief; das Aufgiessen des Aethers wurde bis zur vollkommenen Extraction alles in Aether Löslichen — Fett — fortgesetzt. Dann der Aether abgedampft und der Extract vollkommen mit allen nöthigen Vorsichtsmaassregeln getrocknet. Die Zunahme des Gewichtes des Gläschens wurde als Fett in Rechnung gebracht.

Der Aetherrückstand — Fett — war stets von hellgelblicher Farbe, schmierig, wachsähnlich; er machte auf Papier einen schwachen Fettflecken; kurz er zeigte ganz das Verhalten des eigenthümlichen thierischen Fettes, das sich aus allen Organen und aus dem Koth der Thiere (C. Voit) ausziehen lässt. Ich erhielt zu wenig, um seine chemische Natur näher zu bestimmen.

## § 3.

## Fettbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Gehen wir sogleich zur Besprechung der 5 angestellten vergleichenden Fettbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel über. Es wird zweckmässig sein, um einen Einblick in die Genauigkeit der angestellten Versuche zu gestatten, die Protocolle möglichst ausführlich zu geben. Die procentischen Werthe sollen am Schlusse dieses Paragraphen zusammengestellt werden.

### Fettbestimmungen.

### Versuch Nr. I.

(Zur Alkoholextractbestimmung Nr. II.)

1. Ruhender Muskel.

= 23,0 Gramm.

= 100 CC. Alkoholextract.

| | | |
|---|---|---|
| Davon wurden mit Aether extrahirt . . . | 45 CC. | |
| Diese 45 CC. Alkoholextract enthielten Fett | 0,0900 | Gramm. |
| Also 100 CC. = 23 Gramm Fleisch . . . | 0,200 | „ |
| 100 Gramm ruhender Muskel enthalten Fett . . . . . | **0,87** | „ |

2. Tetanisirter Muskel.

= 23,7 Gramm.
= 100 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . . 44 CC.
Diese 44 CC. Alkoholextract enthielten Fett 0,1025 Gramm.
Also 100 CC. = 23,7 Gramm Fleisch . . 0,2102 „
100 Gramm tetanisirter Muskel enthalten Fett . . . . . 0,89 „

Die Differenz zwischen dem Fettgehalt des ruhenden: 0,87 % zu Gunsten des tetanisirten Muskels: 0,89 % beträgt absolut: 0,02 % oder 2,08 % der Gesammt-Fettmenge.

Versuch Nr. II.

(Zur Alkoholextractbestimmung Nr. III.)

1. Ruhender Muskel.

= 21,7 Gramm.
= 100 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . . 45 CC.
Diese 45 CC. enthielten Fett . . . . . 0,0855 Gramm.
Also 100 CC. = 21,7 Gramm Muskel . . 0,190 „
100 Gramm ruhender Muskel enthielten Fett . . . . . 0,87 „

2. Tetanisirter Muskel.

= 22,6 Gramm.
= 100 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . . 45 CC.
Diese 45 CC. enthielten Fett . . . . . 0,0925 Gramm.
Also 100 CC. = 22,6 Gramm Muskel . . 0,256 „
100 Gramm tetanisirter Muskel . . 0,91 „

Der geruhte Muskel enthielt: 0,87 %, der tetanisirte: 0,91 %; die absolute Differenz zu Gunsten des tetanisirten Muskels beträgt somit: 0,04 % oder 6,3 % der Gesammt-Fettmenge.

Versuch Nr. III.

(Zur Alkoholextractbestimmung Nr. V.)

1. Ruhender Muskel.

= 36,45 Gramm.
= 120 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . . 50 CC.
Diese 50 CC. enthielten Fett . . . . . 0,1040 Gramm.
Also 120 CC. = 36,45 Gramm Muskel . . 0,2496 „
100 Gramm ruhender Muskel enthalten Fett . . . . . **0,68** „

2. Tetanisirter Muskel.

= 36,1 Gramm.
= 120 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . . 50 CC.
Diese 50 CC. enthielten Fett . . . . . 0,1163 Gramm.
Also 120 CC. = 36,1 Gramm Muskel . . 0,2796 „
100 Gramm tetanisirter Muskel enthalten Fett . . . . . **0,77** „

Die absolute Differenz zwischen den Fettmengen zu Gunsten des tetanisirten Muskels beträgt demnach: 0,09 % oder 13,2 % mehr als der geruhte Muskel am Fett besitzt.

Versuch Nr. IV.

(Zur Alkoholextractbestimmung Nr. VI.)

1. Ruhender Muskel.

= 34,45 Gramm.
= 120 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . . 50 CC.
Diese 50 CC. enthielten an Fett . . . . 0,0460 Gramm.
Also 120 CC. = 34,45 Gramm Muskel . . 0,1104 „
100 Gramm ruhender Muskel enthalten Fett . . . . . **0,32** „

2. Tetanisirter Muskel.

= 35,15 Gramm.
= 120 CC. Alkoholextract.

Davon wurden mit Aether extrahirt . . . 50 CC.
Diese 50 CC. enthielten Fett . . . . . 0,0553 Gramm.
Also 120 CC. = 35,15 Gramm Muskel . . 0,1327 „
100 Gramm tetanisirter Muskel enthalten Fett . . . . . **0,38** „

Die absolute Differenz zwischen den beiden Fettbestimmungen zu Gunsten des tetanisirten Muskels beträgt: 0,06 % oder 18,7 % mehr als der geruhte Muskel an Fett besitzt.

Versuch Nr. V.

(Zur Alkoholextractbestimmung Nr. VII.)

1. Ruhender Muskel.

= 46,7 Gramm.

= 130 CC. Alkoholextract.

| | | |
|---|---|---|
| Davon wurden mit Aether extrahirt . . . | 50 CC. | |
| Diese 50 CC. enthielten Fett . . . . . | 0,0452 | Gramm. |
| Also 130 CC. = 46,7 Gramm Muskel . . | 0,1375 | „ |
| 100 Gramm ruhender Muskel enthalten an Fett . . . . . | **0,29** | „ |

2. Tetanisirter Muskel.

= 43,8 Gramm.

= 130 CC. Alkoholextract.

| | | |
|---|---|---|
| Davon wurden mit Aether extrahirt . . . | 50 CC. | |
| Diese 50 CC. enthielten Fett . . . . . | 0,0558 | Gramm |
| Also 130 CC. = 43,8 Gramm Muskel . . | 0,1451 | „ |
| 100 Gramm tetanisirter Muskel enthalten Fett . . . . . | **0,33** | „ |

Die absolute Differenz der procentischen Fettmengen beträgt zu Gunsten des tetanisirten Muskels 0,04 % oder die Fettmenge des geruhten Muskels = 100 wie bisher angenommen 13,9 %.

---

Das Resultat aller fünf angestellten Versuche zeigt gleichmässig einen höheren Fettgehalt des tetanisirten Muskels. Wir können nicht umhin, auszusprechen, dass unsere Resultate die Behauptung rechtfertigen:

Der Tetanus des Muskels ist mit einer Vermehrung des Fettgehaltes der Muskelsubstanz verbunden. Dieses Fett, das sich nach dem Tetanus vermehrt findet, kann nur aus den Muskelstoffen selbst entstanden sein, da der Tetanus an dem ausgeschnittenen, blutfreien Muskel hervorgerufen wurde.

Es ist kein Zweifel, dass diese eben ausgesprochene Behauptung von weittragender Bedeutung sowohl für die Physiologie als die organische Chemie sein muss. Ganz neue Anschauungen über die Zersetzung der Albuminate im Organismus würden sich daraus ergeben.

Wir würden vor Allem behaupten können — nach den Erfahrungen über die Bildung von Milchsäure und Zucker und nun auch von Fett im Muskel aus den Muskelstoffen — dass die Eiweissstoffe in eine Reihe stickstofffreie Producte sich spalten, wie dies für stickstoffhaltige Abkömmlinge schon erwiesen ist.

Aber gerade der Bedeutung des eben gewonnenen Resultates wegen, muss ich auf die geringen Mengen, mit denen wir es zu thun haben, und auf alle die daraus fliessenden Missstände in Betreff der Genauigkeit der Resultate aufmerksam machen. Ich wünsche das Resultat, vorerst mehr nur als eine physiologische Frage hingestellt zu haben. Doch bin ich mir bei Anstellung der Versuche keiner Ungenauigkeit bewusst. Auch will ich darauf aufmerksam machen, dass im Allgemeinen, wie sich dies für den Chemiker von selbst versteht, eine relativ geringere Menge des Versuchskörpers weniger Missstände in Beziehung auf absolute Genauigkeit darbietet als eine zu grosse Masse desselben, die gleichzeitig zur Untersuchung verwendet wird. Ich kann desshalb den Einwurf, als verdienten die chemischen Versuche, die ich bisher mitgetheilt habe, deswegen weniger Vertrauen, weil die Menge des Versuchsmateriales stets eine ziemlich kleine war, nicht als gerechtfertigt ansehen, da Jeder, der die Verhältnisse kennt, weiss, dass mit der in Angriff genommenen grösseren Menge des Versuchsmateriales der Versuchsfehler der Natur der Sache nach wachsen muss; z. B. einige Gramm Froschmuskel sind wir im Stande zu einem feinen, fast homogenen Brei behufs der Extraction zu zerreiben, wer will dies aber mit anderen Fleischsorten, die wir pfundweise verwenden könnten, thun? so oder ähnlich ist das Verhältniss in allen Fällen.

In Betreff der letztmitgetheilten Resultate der Fettbestimmung muss ich noch erwähnen, dass die direct gefundenen Differenzen in den gewogenen Fettmengen stets noch weit innerhalb der Genauigkeitsgrenzen einer feinen chemischen Waage fallen, wie die war, die ich zu allen mitgetheilten feinen Wägungen in Anwendung zog.

Ebenso scheint mir für die Richtigkeit der Resultate auch noch der Umstand zu sprechen, dass der Fettgehalt der Muskeln so namhafte Schwankungen bei verschiedenen Versuchsthieren zeigt. Entstammte er den Nerven, so könnte dies nie der Fall sein.

Zur besseren Uebersicht stelle ich die procentischen Resultate tabellarisch zusammen.

**Tabelle**

über die vergleichenden Fettbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Versuchsobjectes. Muskel = 100 Gramm. | Procentischer Gehalt an Fett. | Absolute Differenz der gefundenen procentischen Werthe. |
|---|---|---|---|
| 1. | geruht<br>tetanisirt | 0,869<br>0,887 | + 0,018 |
| 2. | geruht<br>tetanisirt | 0,87<br>0,91 | + 0,04 |
| 3. | geruht<br>tetanisirt | 0,68<br>0,77 | + 0,09 |
| 4. | geruht<br>tetanisirt | 0,32<br>0,38 | + 0,06 |
| 5. | geruht<br>tetanisirt | 0,29<br>0,33 | + 0,04 |
| **Im Mittel** | **geruht**<br>**tetanisirt** | **0,606 = 100**<br>**0,655 = 108** | **+ 0,049 = 8%** |

## § 4.

## Resultate.

1. Die Fettmengen in den gleichnamigen Muskeln verschiedener Individuen von Fröschen sind bedeutend verschieden.

2. Fünf Versuchsresultate ergeben:

Durch den Tetanus findet eine Vermehrung der im Muskel schon normal vorhandenen Fettmenge statt. Dieses Fett muss sich aus den Muskelstoffen selbst gebildet haben.

# Neuntes Capitel.

## Vergleichende Bestimmung der Menge der eiweissartigen Stoffe im ruhenden und tetanisirten Muskel.

### § 1.

### Rückblick und Versuchsplan.

Es erscheint mir zweckentsprechend, ehe wir weiter in der vorliegenden Untersuchung fortschreiten, einen Blick rückwärts auf das bereits Gewonnene zu werfen.

Wir haben im Allgemeinen beobachtet, dass im lebenden Organismus bei normalem Fortbestande aller thierischen Functionen der Tetanus des Muskels mit einer sehr bedeutenden Verminderung der festen Muskelstoffe verbunden sei, auf deren quantitativen Verhältnissen wir die Leistungsfähigkeit des Muskels mit ihrem Mehr oder Minder im gleichen Sinne basirt gefunden haben.

Wir haben anfänglich den secundären Grund des Verlustes ausschliesslich in Betracht gezogen, indem wir nur die Wirkungen der Diffusion zwischen Blut, Lymphe und Muskelsaft, von denen letzterer durch den Tetanus concentrirter an diffusionsfähigen Substanzen — Salzen etc. — wird, ins Auge gefasst haben. Wir haben hiebei gefunden, dass sich nicht nur dem Verlust des Muskels an festen Stoffen entsprechend eine grössere Menge von festen Stoffen im Blute vorfinde, wie wir dies bei einer vorausgesetzten Steigerung der Diffusionsvorgänge zwischen dem Muskelsafte und den ihn umgebenden Flüssigkeiten voraussetzen mussten; sondern wir haben auch direct nachgewiesen, dass die Diffusionsvorgänge zwischen dem Muskelsafte und einer Flüssigkeit von analoger Concentration wie das Blut nach dem Tetanus sehr ansehnlich in ihrer Stärke gewachsen seien, so dass über das in Wirksamkeittreten des supponirten Vorganges kein Zweifel mehr obwalten kann.

Wir fragten nun, was für Stoffe das wohl seien, welche durch die nachgewiesene Verstärkung der Diffusionsvorgänge in Folge des Tetanus aus dem Muskel entfernt würden.

Wir stiessen bei dieser Frage auf eine bedeutende experimentale Schwierigkeit. Es ergiebt sich nämlich auf den ersten Blick, dass wir bei fast allen chemischen Untersuchungen der Muskelsubstanz nicht etwa den lebenden sondern stets den todten Muskel unter den Händen haben und zwar mit all den Veränderungen seines Chemismus, die bekanntermaassen durch die Todtenstarre in ihm hervorgerufen werden. Es mussten, um diese Wirkungen in ihrem Einfluss aus der Beurtheilung der gewonnenen Resultate auszuschliessen, die quantitativen Verhältnisse der Todtenstarre in Bezug auf die in ihrem Gefolge auftretenden Zersetzungen einer näheren Prüfung unterworfen werden.

Das Resultat dieser in den bisherigen einzelnen Capiteln der Untersuchung zerstreut mitgetheilten Beobachtungen ist von grosser Tragweite.

Es scheint sich sicher herauszustellen, dass die Grösse des Zersetzungsvorganges bei dem Absterben des Muskels nicht unter der Einwirkung äusserer Einflüsse stehe, sondern, dass für jeden Muskel — den Ersatz durch Blut etc. von aussen her ausgeschlossen gedacht — für jeden Zeitmoment eine bestimmte, unveränderliche Menge physiologisch zersetzbaren Stoffes existire, mit dessen vollkommener Zersetzung die Todtenstarre ihren Höhepunct erreicht habe.

Auch der Tetanus scheint einzig und allein aus dieser zur physiologischen Zersetzung disponirten Stoffmenge verbrauchen zu können. Es scheint sich herauszustellen, dass zwar die Zersetzungsvorgänge im Muskel, die auch während der Zeit der Muskelruhe ununterbrochen vor sich gehen, durch den Tetanus beschleunigt werden; dass die chemischen Vorgänge im Muskel durch ihn in quantitativer Beziehung eine von den gleichen Vorgängen im ruhenden Muskel etwas verschiedene Richtung bekommen können — Bildung von Kreatinin aus Kreatin nach Sarokow, Vermehrung des Alkoholextractes neben Verminderung des Wasserextractes nach Helmholtz und meinen Beobachtungen, Anhäufung von Zucker und Fett und Kreatin, — dass aber die Gesammtmenge des zersetzten Stoffes bis zum Höhepuncte der Todtenstarre keine Steigerung erfahre, wenn auch durch Tetanus die

Zersetzungsvorgänge beschleunigt worden sind. Die Todtenstarre erreicht eben nur früher bei einem tetanisirten Muskel ihren letzten Höhepunct als bei einem geruhten, aber das schliessliche Resultat scheint in quantitativer Beziehung das gleiche.

Sehr wichtig ist die Bemerkung, dass von diesem für physiologische Zwecke zersetzbaren Stoffvorrathe im Muskel durch die Muskelaction doch stets nur ein kleiner Bruchtheil zersetzt wird, auch wenn wir dieselbe bis zur vollkommenen Erschöpfung der Leistungsfähigkeit des Muskels sich fortsetzen lassen. Es giebt uns dies den Beweis dafür, dass eine Hemmungsvorrichtung in dem thätigen Muskel sich geltend machen müsse, die, durch die Muskelaction selbst in Wirksamkeit gesetzt, den möglichen Muskelstoffverbrauch dem Einflusse des Willens des arbeitenden Individuums entzieht. Lange, ehe die Gesammtmenge des im Muskel vorräthig aufgespeicherten zersetzbaren Materiales verbraucht ist, muss die Muskelarbeit eingestellt werden, eine physiologische Einrichtung, deren Zweckmässigkeit für das arbeitende Individuum und seine allgemeine, nicht augenblickliche Leistungsfähigkeit von vorneherein einleuchtend ist. Es wird uns diese Beobachtung Veranlassung geben, in der Folge der vorliegenden Untersuchung über das Wesen der postulirten Hemmungsvorrichtung und die Bedingungen und Gesetze ihrer Wirksamkeit weiter Beobachtungen anzustellen.

Eine weitere Frage, die sich uns ebenfalls womöglich zur experimentellen Erledigung aufdrängt, ist die nach dem Grunde der Steigerung der physiologischen Zersetzungsvorgänge im Muskel, die wir während seiner Thätigkeit wahrnehmen. Es ist sehr wahrscheinlich, und ich werde noch einmal näher darauf zurückkommen, dass diese Zersetzungsvorgänge auf Oxydationen beruhen. Die Frage stellt sich demnach so, dass wir nach dem Grunde einer gesteigerten Oxydation uns umzusehen haben, die als Grund der Muskelaction auftritt. Es ist bekannt, dass während des Lebens im normalen thierischen Organismus die Oxydationsvorgänge durch das Blut beziehungsweise die Blutscheiben vermittelt werden. Doch werden wir sehen, dass das Blut zum Zustandekommen der Muskelaction nicht unumgänglich nöthig ist; es scheint demnach, dass ähnliche Vorgänge, wie sie im Blute den Sauerstoff in die active Form überführen, auch für sich im Muskel unabhängig von den Blutscheiben aber in analoger Weise wie durch diese Körper vermittelt werden können, und zwar in gesteigerter Weise wäh-

rend der Muskelaction. Auch auf diese Frage werden wir experimental eingehen.

Wir sehen, dass der Gewinn, den wir aus den Bestimmungen der quantitativen Verhältnisse der Stoffzersetzung bei der Todtenstarre zogen, ein nicht unbedeutender ist. Es haben sich uns nicht nur direct wichtige Thatsachen, sondern auch weittragende Fragen für den Fortgang unserer Untersuchung daraus ergeben. Kehren wir nun zu unserer anfänglichen Frage zurück.

Wir haben gefragt, welche Stoffe durch den Tetanus und in Folge der durch denselben gesteigerten Diffusionsvorgänge aus dem Muskel entfernt wurden.

Es ist uns nun klar, dass wir diese Frage nicht einfach durch eine Mengenbestimmung der einzelnen Muskelstoffe vor und nach dem Tetanus eruiren können. Nur diejenigen Stoffe dürfen wir vermindert erwarten in Folge der Muskelarbeit, welche sich in gleicher Weise bei dem Tetanus und der Todtenstarre bilden; also vor Allem die Gesammtmenge der Extractivstoffe, die Gesammtmenge der sich bis zur Höhe der Todtenstarre bildenden Milchsäure und Kohlensäure. Diese Stoffe fanden wir auch in Wahrheit vermindert. Andere Stoffe, wie Zucker und Fett, fanden wir wie das Kreatin vermehrt. Die Versuche im siebenten Capitel § 3 an ausgeschnittenen tetanisirten Muskeln angestellt ergaben jedoch für die Vermehrung des Zuckers in diesem Falle procentisch weit höhere Werthe als diejenigen Versuche, welche am lebendig tetanisirten Thiere gemacht wurden. Es scheint dies zu beweisen, dass ein Theil des durch den Tetanus mehr gebildeten Zuckers durch die Circulation aus dem Muskel im letzteren Falle schon wieder ausgewaschen war, als der Muskel zur Untersuchung kam. Ebenso scheint es mit dem Kreatin. Wir werden beweisen, dass nach dem Tetanus das Blut die physiologischen Eigenschaften einer Kreatinlösung besitzt, zum Beweis, dass eine nicht unbedeutende Menge dieses Stoffes in das Blut übergetreten ist, obwohl sich nach dem Tetanus die Menge desselben noch immer im Muskel vermehrt findet.

Wir haben oben die Diffusion als den secundären Grund des Verlustes von Seiten des Muskels in Folge des Tetanus bezeichnet. Es leuchtet nämlich ein, dass der primäre Grund des Verlustes bei dem Tetanus der Vorgang sein muss, welcher aus den schwer diffundirbaren

Substanzen des Muskels leicht diffundirbare Stoffe erzeugt, ich meine: die Zersetzung der eigentlichen, primären Muskelstoffe.

Es scheint mir nöthig, auf diesen Punct vor Allem noch einzugehen, ehe wir in unserer Untersuchung vorwärts schreiten. Es ist nöthig auch die Mengenverhältnisse der primären Muskelstoffe, wir wollen sie mit Ausschluss des elastischen und leimgebenden Gewebes die Eiweissstoffe des Muskels nennen, einer Prüfung zu unterwerfen.

Zwar gehört die Methode der quantitativen Bestimmung dieser Stoffe zu den noch am schlechtesten gelösten Aufgaben der physiologischen Chemie, und wir finden, dass sogar Helmholtz in der schon oft citirten Untersuchung nicht im Stande war, zu entscheidenden Resultaten über diesen Punct zu gelangen; aber trotzdem machen wir uns an die Aufgabe, da wir ja schon gefunden haben, dass im lebenden Organismus die Veränderungen des Muskels durch den Tetanus weit bedeutendere seien gerade in Folge der Diffusion als bei dem ausgeschnittenen Muskel, den Helmholtz zur Beobachtung verwendete. Wir werden uns zwar den Einwand gefallen lassen müssen, dass wenn wir eine Verminderung der Eiweissstoffe des Muskels finden, dass diese wenigstens zum Theil ihre Entstehung einer Uebercompensirung des Verlustes an Zersetzungsstoffen des Muskels durch eine gesteigerte Wasseraufnahme in Folge der Diffusion verdanke, aber wir werden uns gegen diesen Einwurf schon damit schützen können, dass wir sagen: für den Muskel muss es ganz einerlei sein, ob die Verminderung seiner Eiweissstoffe eine nur relative durch Zunahme an Volum in Folge von Wasseraufnahme erzeugte sei oder eine absolute. Ich verweise hier an die Auseinandersetzung, die im zweiten Capitel § 3 über die Wirkung einer gesteigerten Wasseraufnahme in den Muskel gegeben wurde; wir erkannten dort das Wasser als ein Hemmungsmoment der Oxydation und Zersetzung der Muskelstoffe.

Aber ganz sicher ist die Verminderung eine nicht nur relative, sondern eine absolute.

Auch wenn es feststeht, dass ein Theil der Verminderung der Muskelstoffe durch den Tetanus auf einer Vergrösserung des Muskelvolums durch gesteigerte Wasseraufnahme in den Muskel beruht, so bleibt trotzdem das Factum stehen, dass durch den Tetanus ein Verbrauch von festen Muskelstoffen stattfinde. Die Zunahme des Volu-

mens hat ja ihren einzigen Grund in der Bildung einer grösseren Masse leicht diffundirbarer Substanzen aus den schwer diffundirbaren primären Stoffen der Muskelsubstanz.

Der allgemeine Satz steht also schon jetzt fest, dass der Tetanus des Muskels mit einer Verminderung seiner Eiweissstoffe verbunden sei. Das beweisen unweigerlich die Thatsachen der Verminderung des Leitungswiderstandes des Muskels in Folge des Tetanus; ebenso seine vermehrte Wasseraufnahme, als deren Ursache wir ein gesteigertes Quellungsvermögen des Muskels beruhend auf einer grösseren Menge leicht diffundirbarer Stoffe in seinem Innern nachgewiesen haben; ferner die Neubildung von Kreatin und Zucker und Fett.

Es handelt sich in den folgenden Untersuchungen nicht mehr darum, diesen Satz selbst zu beweisen, sondern nur noch darum, ein etwas genaueres Bild von den Grössenverhältnissen dieses Vorganges in dem lebenden Organismus zu erhalten.

Und so machen wir uns denn nach dieser Apologie unseres Versuchsplanes zu den Versuchen selbst.

## § 2.

### Stickstoffbestimmung im ruhenden und tetanisirten Muskel.

Der erste nächstliegende Weg zur Entscheidung der Frage, ob der Gehalt an Eiweissstoffen des Muskels durch den Tetanus vermindert werde, ist offenbar der, den Stickstoffgehalt des Muskels vor und nach dem Tetanus zu bestimmen und daraus die Eiweissmenge des Muskels vor und nach der Arbeitsleistung zu berechnen.

Es scheint mir zweckmässig sogleich zu der Besprechung der angestellten Versuche überzugehen.

Zu dem Zwecke der Stickstoffbestimmung wurden in der im zweiten Capitel beschriebenen Weise mit aller Vorsicht Trockenbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel vorgenommen. Die getrockneten Muskeln wurden auf die gebräuchliche Art mit Natronkalk geglüht. Der Gehalt der vorgelegten 20 CC. verdünnter Schwefelsäure betrug:

20 CC. verdünnter $SO_3$ = 0,2365 Gramm $SO_3$.
1 CC. „ „ = 0,004139 „ N.

20 CC. der verdünnten Schwefelsäure bedurften 20,5 CC. der angewendeten Natronlauge zur Neutralisation.

Die Versuchsergebnisse waren folgende.

**Stickstoffbestimmungen im ruhenden und tetanisirten Muskel.**

Versuch Nr. I.

1. Wasserbestimmung.

a) Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des feuchten Muskels . . . . . | 0,8450 Gramm. |
| „ „ trockenen „ . . . . . | 0,1485 „ |
| Procentgehalt an festen Stoffen . . . . . | 17,5 % |
| „ „ Wasser . . . . . | 82,5 % |

b) Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des feuchten Muskels . . . . . | 1,0200 Gramm. |
| „ „ trockenen „ . . . . . | 0,1620 „ |
| Procentgehalt an festen Stoffen . . . . . | 15,88 % |
| „ „ Wasser . . . . . | 84,12 % |
| Die Abnahme des Muskels durch den Tetanus beträgt demnach an festen Stoffen . . . . . | 1,6 % |

2. Stickstoffbestimmung.

a) Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des mit Natronkalk geglühten trockenen Fleisches . . . . . | 0,1485 Gramm. |
| 20 CC. $SO_3$ die vor der Verbrennung 20,5 CC. Natronlauge bedurften zur Sättigung, bedurften nach der Verbrennung . . . . . | 15,2 CC. Natronlauge. |
| Es wurden danach durch das bei der Verbrennung gebildete Ammoniak neutralisirt . . . . . | 5,17 CC. Schwefelsäure. |
| 0,1455 Gramm trockener ruhender Muskel enthalten demnach . . . . . | 0,0214 Gramm N. |
| **100** Gramm trockener ruhender Muskel . . . . | **14,41** „ „ |
| „ „ feuchter „ „ . . . . | **2,522** „ „ |

b) Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des mit Natronkalk geglühten trockenen Fleisches . . . . . | 0,1620 Gramm. |
| 20 CC. $SO_3$ erforderten nach der Verbrennung | 14,5 CC. Natronlauge. |
| Durch die Verbrennung wurden neutralisirt . . | 5,85 CC. Schwefelsäure. |
| 0,1620 Gramm trockener tetanisirter Muskel enthalten demnach . . . . . | 0,0231 Gramm N. |
| **100** Gramm trockener tetanisirter Muskel . . . | **14,32** „ „ |
| „ „ feuchter „ „ . . . | **2,274** „ „ |

Der ruhende Muskel enthielt N. = 14,41 %
Der tetanisirte „ „ „ = 14,32 %
Differenz . . . . . = 0,09 %
Die Genauigkeit der Stickstoffbestimmungen ist jedoch nur . . . . 0,1 %

Es fällt demnach der Unterschied in dem Stickstoffgehalt beider trockener Muskeln in die Fehlergrenze des Versuchs:

Die Trockensubstanz des ruhenden und des tetanisirten Muskels scheint im Stickstoffgehalt nicht verschieden. Besprechen wir, ehe wir weitere Consequenzen aus diesem Resultate ziehen, vorerst noch den folgenden Versuch.

## Versuch Nr. II.

1. Wasserbestimmung.

a) Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des feuchten Muskels . . . . . | 1,4080 Gramm. |
| „ „ trockenen „ . . . . . | 0,2555 „ |
| Procentgehalt an festen Stoffen . . . . . | 18,1 % |
| „ „ Wasser . . . . . | 81,9 % |

b) Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des feuchten Muskels . . . . . | 1,3045 Gramm. |
| „ „ trockenen „ . . . . . | 0,2170 „ |
| Procentgehalt an festen Stoffen . . . . . | 16,6 % |
| „ „ Wasser . . . . . | 83,4 % |
| Die Abnahme des Muskels durch den Tetanus beträgt danach an festen Stoffen . . . . . | 1,5 % |

2. Stickstoffbestimmung.

a) Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des mit Natronkalk geglühten trockenen Fleisches . . . . . | 0,2555 Gramm. |
| 20 CC. $SO_3$ neutralisirten nach der Verbrennung . | 11,4 CC. Natronlauge. |
| Durch die Verbrennung wurden neutralisirt . . | 8,9 CC. Schwefelsäure. |
| 0,2555 Gramm trockener ruhender Muskel enthalten demnach . . . . . | 0,0368 Gramm N. |
| **100** Gramm trockener ruhender Muskel . . . . | **14,41** „ „ |
| „ „ feuchter „ „ . . . . | **2,552** „ „ |

b) Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des mit Natronkalk geglühten trockenen Fleisches . . . . . | 0,2170 Gramm. |
| 20 CC. $SO_3$ neutralisirten nach der Verbrennung . | 12,7 CC. Natronlauge. |
| Durch die Verbrennung wurden neutralisirt . . | 7,6 CC. Schwefelsäure. |
| 0,217 Gramm trockenen Fleisches enthalten . . | 0,0315 Gramm N. |
| **100** Gramm trockener tetanisirter Muskel . . . | **14,46** „ „ |
| „ „ feuchter „ „ . . . | **2,400** „ „ |

Stellen wir die gewonnenen Zahlen zusammen so ergiebt sich für diesen Versuch:

Der ruhende Muskel enthält Stickstoff = 14,41 %
„ tetanisirte „ „ „ = 14,46 %
Differenz . . . . . = 0,05 %

Die Differenz fällt demnach wie die der vorstehenden Bestimmung in das Gebiet der Fehlergrenzen der Stickstoffbestimmung.

Das Resultat ist demnach in diesem wie in dem vorigen Versuch:

Die Trockensubstanz des ruhenden und tetanisirten Muskels ist im Stickstoffgehalt nicht verschieden. Der Stickstoffgehalt beträgt im Mittel: 14,4 %.

Die Vermehrung des Zuckers im Muskel hat wohl darum keinen Einfluss auf das Resultat der Stickstoffbestimmung, weil das Kreatin gleichzeitig im Muskel vermehrt ist und, höchst wahrscheinlich in einem analogen Verhältniss wie der Zucker, sodass Zucker + Kreatin im Muskel fast die gleiche Zusammensetzung haben wie Eiweiss.

Das Resultat der vorstehenden Untersuchung muss mit Beziehung auf den verschiedenen Gehalt der beiden Muskeln an festen Stoffen so formulirt werden:

Der Tetanus des Muskels ist mit einem bedeutenden Verlust des Muskels an stickstoffhaltigen Stoffen verbunden.

Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass vor Allem das Eiweiss des Muskels als der gelöste, am leichtesten der Zersetzung anheimfallende Stoff von dieser Abnahme betroffen werde.

Es ist darum wohl gerechtfertigt, den gesammten Stickstoffverlust, einer schematischen Uebersicht wegen, auf Eiweiss zu berechnen. Nehmen wir den Eiweissstickstoffgehalt = 15,5 % an, so berechnet sich der Verlust der Muskeln durch den Tetanus aus den beiden vorstehenden Versuchen:

I. Verlust des Muskels durch den Tetanus an Gesammtstoff 1,6%
Verlust an Eiweiss . . . . . 1,4%
Differenz . . . . . 0,2%
II. Verlust des Muskels an Gesammtstoff . . . . . 1,5%
Verlust an Eiweiss . . . . . 1,3%
Differenz . . . . . 0,2%

Die gefundene Differenz spricht wohl dafür, dass der Muskel nach dem Tetanus absolut wasserreicher ist als vor demselben.

## § 3.

### Directe Bestimmung der Menge der Eiweissstoffe.

Es stehen zur Entscheidung der Frage, ob der Tetanus im Muskel mit einer Verminderung der Eiweissstoffe im Muskel verbunden sei, ausser der Stickstoffbestimmung noch zwei weitere directe Wege offen.

Der erste ist die Bestimmung des Gehaltes des Muskels vor und nach dem Tetanus an löslichem Eiweiss.

Der zweite, die Bestimmung aller Eiweissstoffe mit dem elastischen Gewebe, mit Ausnahme des Leimes.

Beide Wege wurden von mir betreten. Es sollen zuerst die auf dem ersteren gewonnenen Resultate zusammengestellt werden.

Die Bestimmung des in Wasser löslichen Eiweisses hat in dem Versuchsplan selbst gar keine Schwierigkeit. Es genügt dazu, einen wässerigen Auszug des Muskels in analoger Weise aus frischen Muskeln zu machen, wie er in den Untersuchungen der vorausgehenden Capitel aus gekochten Muskeln gemacht wurde.

Zu diesem Zwecke wurde der frische Muskel wie bei der Bestimmung der Fleischmilchsäure im fünften Capitel mit neutralem Quarzsand zerrieben und ein wässeriger Auszug gemacht, ganz in der Weise, wie es bei der Bestimmung der Gesammtmenge der Extracte etc. angegeben wurde. Nur durfte hier die Mischung nicht so lange Zeit wie dort stehen, da die Gefahr des Verlustes an Eiweiss durch die fortschreitende Säurebildung dadurch zu gross geworden sein würde.

Die Mischung stand aus diesem Grunde nur 5 Stunden. Nach dieser Zeit wurde sie filtrirt und eine bestimmte Menge des Filtrates — 50 CC. — tropfenweise in eine kochende mit etwas Essigsäure angesäuerte Wassermenge — 100 CC. — eingetragen. Das coagulirte Eiweiss sodann auf einem gewogenen Filter gesammelt und zuerst mit heissem Wasser, dann mit heissem Alkohol ausgewaschen.

Ich gehe nach diesen Vorbesprechungen sogleich zur Darlegung der Versuche selbst über.

## Vergleichende Bestimmungen der in Wasser löslichen Eiweissmengen im frischen ruhenden und tetanisirten Muskel.

### Versuch Nr. I.

Zwei Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des ruhenden Muskels . . . . . | 7,176 Gramm. |
| Er enthält an Wasser . . . . . | 5,7 „ |
| Dazu wurden noch 94,3 CC. Wasser gesetzt, sodass die Gesammtmenge des Wassers in der Mischung betrug . . . . . | 100 CC. |
| Davon wurden coagulirt . . . . . | 50 CC. |
| In 50 CC. Fleischflüssigkeit waren enthalten an Eiweiss . . . . . | 0,0919 Gramm. |
| In 7,176 Gramm ruhendem Muskel sind enthalten an Eiweiss . . . . . | 0,1838 „ |
| In 100 Gramm ruhendem Muskel . . . . | **2,56** „ |

2. Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des tetanisirten Muskels . . . . . | 8,1675 „ |
| Diese enthalten an Wasser . . . . . | 6,5 „ |
| Dazu wurden noch 93,5 CC. Wasser gesetzt, sodass die Gesammtwassermenge in der Mischung betrug . . . . . | 100 CC. |
| Davon wurden coagulirt . . . . . | 50 „ |
| In 50 CC. Fleischflüssigkeit waren enthalten an Eiweiss . . . . . | 0,0946 „ |
| In 8,1675 Gramm tetanisirtem Muskel sind enthalten an Eiweiss . . . . . | 0,1892 „ |
| In 100 Gramm tetanisirtem Muskel . . | **2,30** „ |

---

Im ruhenden Muskel sind enthalten an Eiweiss 2,56 %
„ tetanisirten „ „ „ „ „ 2,30 %
Differenz . . . . . **0,26%**

Der tetanisirte Muskel enthält um 0,26 % an Eiweiss weniger als der geruhte. Die Eiweissmenge des geruhten Muskels wurde in diesem Falle um **11,3** % durch den Tetanus vermindert.

### Versuch Nr. II.

Zwei Frösche verwendet.

1. Ruhender Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des ruhenden Muskels . . . . . | 7,48 Gramm. |
| Diese enthalten an Wasser . . . . . | 5,98 „ |

| | |
|---|---|
| Dazu wurden noch 94 CC. Wasser gesetzt, sodass die Gesammtwassermenge in der Mischung betrug | 100 CC. |
| Davon wurden coagulirt | 50 ,, |
| 50 CC. Fleischflüssigkeit enthielten an Eiweiss | 0,0921 Gramm. |
| 7,48 Grm. ruhender Muskel enthielten an Eiweiss | 0,1842 ,, |
| 100 Gramm ruhender Muskel | **2,46** ,, |

2. Tetanisirter Muskel.

| | |
|---|---|
| Gewicht des tetanisirten Muskels | 8,9186 Gramm. |
| Diese enthalten an Wasser | 7,0 ,, |
| Dazu wurden noch 93 CC. Wasser zugesetzt, sodass die Gesammtwassermenge in der Mischung betrug | 100 CC. |
| Davon wurden coagulirt | 50 ,, |
| In 50 CC. Fleischflüssigkeit waren enthalten an Eiweiss | 0,0855 ,, |
| In 8,9186 Gramm tetanisirten Muskel waren enthalten an Eiweiss | 0,171 ,, |
| In 100 Gramm tetanisirtem Muskel | **2,06** ,, |

---

Im ruhenden Muskel sind enthalten an Eiweiss 2,46 %
Im tetanisirten Muskel . . . . . 2,06 %
Differenz . . . . . **0,40 %**

Der tetanisirte Muskel enthält 0,4 % an Eiweiss weniger als der geruhte. Die Eiweissmenge des geruhten Muskels wurde in diesem Falle durch den Tetanus um **19,4** % vermindert.

Das Versuchsergebniss beider Bestimmungen der Mengen des in Wasser löslichen Eiweisses ist demnach eine nicht unbeträchtliche Verminderung dieses Stoffes durch den Tetanus. —

Ob diese Verminderung auf einem Verschwinden oder nur auf einem Unlöslichwerden des Eiweisses beruht, entscheiden diese Versuche nicht.

Eine Entscheidung dieser Frage bietet aber die weitere Versuchsmethode einer directen Mengenbestimmung aller Eiweissstoffe des Muskels mit Ausschluss des leimgebenden Gewebes dar.

Dieser Versuch stellt sich zur Aufgabe, durch fortgesetztes Aufkochen mit immer erneuerten Portionen Wassers alles leimgebende Gewebe des Muskels in Leim zu verwandeln, aufzulösen und durch fortdauerndes Auswaschen des bleibenden Fleischrückstandes diesen sowohl vom Leime als von den Extractivstoffen zu befreien. Schliesslich wurde

der Rückstand noch mit siedendem Alkohol so lange ausgewaschen, bis die letzte Spur des Löslichen entfernt war. Der Rückstand wurde als »Gesammtmenge der Eiweissstoffe des Muskels« getrocknet und gewogen.

Durch die Auflösung des Leimes bekommt die auf diese Weise hergestellte Fleischflüssigkeit die Eigenschaft, sich nicht durch Papier filtriren zu lassen. Ich musste darum zu einer anderen Filtrirmethode greifen, und ich kann die von mir angewendete zu ähnlichem Gebrauche empfehlen.

Nicht zu grobes, durch Sieben von dem feinen Staube befreites und sauber gewaschenes Glaspulver wurde getrocknet und gewogen auf einen kleinen Trichter gebracht, sodass dieser bis zur Hälfte damit angefüllt war. Das Durchfallen der kleinen Glasstückchen durch den Trichterhals war dadurch verhindert, dass in diesen eine feine Platinspirale, die nicht mitgewogen wurde, eingesetzt war, welche so fein gerollt wurde, dass sie keines der Glasstückchen durchliess. Durch dieses Glasfilter filtrirt die Fleischflüssigkeit — wenn die Glasstückchen klein genug gewählt sind — fast ebenso rein wie durch Papier. Die Flüssigkeit opalescirt etwas mehr, da etwas mehr Fett schon in den Wasserauszug übergeht.

Nach vollständigem Auswaschen mit siedendem Wasser und Alkohol wurde der Fleischrückstand mit dem Glaspulver in dieselben Glasschalen gespült, in welchen die Extracte — s. viertes Capitel — getrocknet wurden, und darin zuerst bei 100°, dann unter der Luftpumpe getrocknet. Die Masse war dann äusserst spröde und sehr leicht zerreiblich.

Es ist selbstverständlich, dass in vergleichenden Versuchen stets vollkommen gleiche Zeiten des Digerirens und Kochens, sowie gleiche Wasser- und Alkoholmengen angewendet wurden.

Ich gehe sogleich zur Besprechung der Versuche selbst über.

### Vergleichende Bestimmungen der Gesammtmenge der Eiweissstoffe im ruhenden und tetanisirten Muskel.

#### Versuch Nr. I.

Ein Frosch verwendet.

1. Ruhender Muskel.

| | | |
|---|---|---|
| Gewicht des ruhenden Muskels . . . . . | 3,0086 | Gramm. |
| Gewicht der Gesammtmenge seiner Eiweissstoffe . | 0,4053 | ,, |

In 100 Gramm ruhendem Muskel sind enthalten
an Eiweissstoffen . . . . . **13,4** Gramm.

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des tetanisirten Muskels . . . . . 3,7570 Gramm.
Gewicht der Gesammtmenge seiner Eiweissstoffe . 0,4803 „
In 100 Gramm tetanisirtem Muskel sind enthalten
an Eiweissstoffen . . . . . **12,7** „

---

Der ruhende Muskel enthält an Eiweissstoffen = 13,4 %
„ tetanisirte „ „ „ „ = 12,7 %
Differenz . . . . . = 0,7 %

Der tetanisirte Muskel enthält in diesem Falle um 0,7 % des feuchten Muskels weniger Eiweissstoffe als der ruhende. Die Eiweissmenge des geruhten Muskels hat um 5,5 % durch den Tetanus abgenommen.

## Versuch Nr. II.

### Ein Frosch verwendet.

1. Ruhender Muskel.

Gewicht des ruhenden Muskels . . . . . 3,0502 Gramm.
Gewicht der Gesammtmenge seiner Eiweissstoffe . 0,4595 „
In 100 Gramm ruhendem Muskel sind enthalten
an Eiweissstoffen . . . . . **15,1** „

2. Tetanisirter Muskel.

Gewicht des tetanisirten Muskels . . . . . 3,5943 „
Gewicht der Gesammtmenge seiner Eiweissstoffe . 0,5336 „
In 100 Gramm tetanisirtem Muskel sind enthalten
an Eiweissstoffen . . . . . **14,8** „

---

Der ruhende Muskel enthält an Eiweissstoffen = 15,1 %
„ tetanisirte „ „ „ „ = 14,8 %
Differenz . . . . . = 0,3 %

Der tetanisirte Muskel enthält in diesem Falle um 0,3 % des feuchten Muskels weniger Eiweiss als der ruhende. Die Eiweissmenge des geruhten Muskels hat um 2 % abgenommen.

Diese Versuche bestätigen das durch die Stickstoffbestimmungen schon gewonnene Resultat, dass der Tetanus mit einer Abnahme der Eiweissstoffe des Muskels verbunden ist.

## § 4.

### Schlussbetrachtungen des ersten Abschnitts und Resultate des vorliegenden Capitels.

Die Versuche ergaben einen Verlust an Eiweissstoffen des Muskels durch den Tetanus. Was heisst das? Kann dieser Verlust, abgesehen von einer Volumszunahme, wie wir sie in § 1 dieses Capitels besprochen haben, nur von einer Zersetzung der Eiweissstoffe herrühren, oder könnte man dabei nicht auch an eine Abfuhr des Eiweisses in Substanz denken? Es ist klar, dass dieser letztere Gedanke unsere Anschauungen über den physiologischen Werth des beobachteten Verlustes sehr bedeutend modificiren müsste.

Es sind Angaben von E. Harless, welchen ich diesen weit hergeholten Einwand entnehme.

Er sagt[1]), nachdem davon gesprochen wurde, dass Muskeln sehr rasch ermüden, wenn Gewichte an sie gehängt werden, auch wenn sie sonst nicht gereizt und zur Verkürzung getrieben worden:

»Gerade nun diese Thatsache war es, welche mich auf den rechten (?) Weg leitete. Ich wusste jetzt, dass ich mich an die Speisung der Maschine, an den Muskelsaft mit seinem Eiweiss zu halten habe. Ich wusste weiter, dass es nicht auf die absolute Menge desselben allein ankommen könne, ob ein Muskel schnell oder langsam ermüde, sich vollkommen oder unvollkommen erhole. Es kann also nicht gleichgiltig sein, wo sich die für die Erregbarkeit wichtige Flüssigkeit befindet. Ich musste aber erfahren, ob sie überhaupt ihren Ort ändert. Und diese Frage muss bejaht werden. Nicht blos quillt sie sichtbar bei Zug und Druck, sowie bei heftigen Contractionen aus der Oberfläche des unversehrten Muskels hervor, es geben auch im Wasser tetanisirte Muskeln bei vollkommen geschlossenen Blutgefässen (sic!) fast noch einmal so viel Bestandtheile an das Wasser ab als ruhende in der gleichen Zeit, und darunter ist gerade das Eiweiss ein sehr beträchtlicher Bruchtheil. Aber es geht auch während der Erholung diese Flüssigkeit wieder theilweise zurück, so lange sie keine wesentlichen Veränderungen (Gerinnungen u. s. w.) erlitten hat, oder wenn die Gewebe nicht durch ihre Veränderung die Diffusion rückwärts abschneiden . . . . .

---

1) Aerztliches Intelligenzblatt. 1861. Nr. 1. pag. 2.

»Die eiweisshaltige Materie kann also wandern; und wandert nach aussen bei jeder Formveränderung, sie mag durch Contraction oder mechanische äussere Mittel herbeigeführt sein, und sie wandert nach innen, wenn die Ruhe oder die alte Form wieder gewonnen ist . . . .«

Man sieht, dass der oben gemachte Einwurf, so weit hergeholt er scheinen mag, wirklich gemacht wurde.

Das, was Harless angiebt, beruht, wie ich glaube, auf folgender wohl ziemlich allgemein gemachten Beobachtung.

Lassen wir einen Muskel entweder durch Einwirkung einer höheren Temperatur oder durch Einwirkung der Zeit allein todtenstarr werden, und zwar in der Weise, dass wir seine Endpuncte fixiren, sodass er keine Gestaltsveränderung vornehmen kann, so beschlägt er sich äusserlich mit einer nicht unbedeutenden Masse von Flüssigkeit, welche sich bei näherer Betrachtung als Muskelflüssigkeit zu erkennen giebt; der Muskel presst unter den genannten Umständen Flüssigkeit aus sich heraus.

Es ist freilich nicht zu verstehen, wie man diesen Vorgang in Zusammenhang mit der normalen Muskelaction bringen kann, aber es sei wie immer es wolle, wir müssen sehen, ob wir ein solches Verhältniss mit unseren bisherigen Erfahrungen vereinigen können.

Die Angabe, dass im Wasser tetanisirte Muskeln mehr Stoffe an dasselbe abgeben als geruhte, gehört hingegen offenbar nicht zur Frage, es ist dies ein specieller Fall des im dritten Capitel dieser Untersuchung beschriebenen Vorganges der Steigerung der Imbibitionsgrösse des Muskels in Folge des Tetanus, der selbstverständlich nichts weiter ist, als ein recht schönes Beispiel der dort gegebenen Auseinandersetzung.

Schon auf eine oberflächliche Betrachtung hin aber müssen wir und Alle erkennen, dass der von Harless hypothetisch angenommene Vorgang des Auspressens von Muskelflüssigkeit aus dem Muskelinnern bei dem Tetanus ein von unseren Beobachtungen principiell verschiedenes Resultat liefern müsste.

Es ist klar, dass wenn aus dem Muskel activ Muskelflüssigkeit ausgepresst würde bei der Muskelaction, der Muskel dadurch unmöglich wasserreicher werden könnte. Im Gegentheile würden wir den Muskel um ebensoviel an Wasser ärmer finden müssen als der Verlust an wässeriger Flüssigkeit durch dieses Auspressen beträgt. Die Annahme von E. Harless, die uns schon von vorneherein als unwahr-

scheinlich erschien, fällt dadurch vollkommen in sich zusammen, und der Einwurf, der aus ihr gegen unsere Ansicht über den Modus des Verlustes an Substanz durch die Action im Muskel sich erhob, darf als zurückgewiesen angesehen werden.

Würde sich die Verminderung an Stoff im Muskel durch den Tetanus aus dem eben besprochenen Vorgang erklären lassen, so müssten wir annehmen, dass aus dem Muskelinnern durch die Contraction nicht nur Salze, sondern auch Albumin in Substanz ausgepresst werde, da der bei der Todtenstarre aus dem Muskel ausgepresste Saft so albuminreich sich zeigt, dass er, in siedendes Wasser getropft, gerinnt. Der Verlust an Eiweiss durch den Tetanus würde dann durchaus nichts mit der Kraft- oder Wärmeerzeugung im tetanisirten Muskel zu thun haben, im Gegentheil müsste ein solches Auspressen eine nicht unbedeutende Kraft aus irgend einer dann vollkommen geheimnissvollen Kraftquelle für sich in Anspruch nehmen.

Ich hielt es für Pflicht, auch auf diesen fernliegenden Einwand einzugehen, da er so entschieden sich der von mir bisher vertretenen Anschauung widersetzt. Der Verlust des Muskels an Stoffen durch die Bewegung ist jedoch sicher nicht eine einfache Abfuhr der primären Muskelstoffe — Albuminate — in Substanz, sondern beruht auf einer wirklich statthabenden Zersetzung derselben wohl durch Oxydation; die Oxydationsproducte erst werden, indem sie den Gesetzen der Diffusion unterliegen, aus dem Muskel in die umgebenden Flüssigkeiten abgeführt.

Alle bisher mitgetheilten Beobachtungen: Vermehrung des Wassergehaltes und der primären Zersetzungsproducte, Verminderung der secundären etc. sprechen für diesen Satz.

Wir haben somit, wie ich glaube, den Einwand gegen unsere durch das Experiment gestützte Behauptung: dass der Verlust an Eiweissstoffen im Muskel durch den Tetanus auf eine Zersetzung dieser Stoffe in der Hauptsache beruht, zurückgewiesen. —

Nehmen wir diesen Satz als gesichert an, so können wir kaum umhin, die Frage noch zum Schlusse aufzuwerfen, wie wir uns diesen Zersetzungsmodus zu denken haben.

Einige Anhaltspuncte geben uns die im Muskel in Folge des Tetanus angehäuft gefundenen primären Zersetzungsproducte der Muskel-

substanz. Ich meine das Kreatin beziehungsweise Kreatinin und den Zucker und das Fett.

Sehen wir von dem letzteren in seiner chemischen Zusammensetzung unbekannten Körper ab, so bleiben als Hauptzersetzungsproducte der Muskelsubstanz erstens das sehr stickstoffreiche Kreatin, zweitens der stickstofffreie Körper: Zucker.

Die Milchsäure und Kohlensäure dürfen wir gewiss als die Producte der weiteren Veränderung des Zuckers, letztere wenigstens zum grössten Theile, betrachten.

Es ist eine vielgemachte Annahme, dass die Spaltung des Eiweisses primär einen Körper, der die gesammte Stickstoffmenge des Eiweisses enthält — Kreatin oder Harnstoff — und auf der anderen Seite einen stickstofffreien Körper — Zucker oder Fett — liefere. Halten wir uns an diese Annahme, um uns ein schematisches Bild der Spaltung zu machen, ich sage ein Bild, da ich natürlich nicht behaupten will, dass die genannten Stoffe die einzigen primären Spaltungsproducte der Muskelsubstanz seien, wie wir sie der Uebersichtlichkeit wegen vorläufig annehmen wollen.

Legen wir, da die rationelle Formel des Eiweisses nicht bekannt ist, seine procentische Zusammensetzung unserer Betrachtung zu Grunde und thuen dies auch mit den übrigen in Rechnung kommenden Stoffen, um die nöthige Uebereinstimmung in dem Ansatze zu erhalten, so bekommen wir folgendes Schema für die Zerspaltung des Eiweisses im Muskel während des Tetanus:

**Schema der Eiweisszersetzung während des Muskeltetanus.**

| | C | H | N | O |
|---|---|---|---|---|
| + 200 Albumin . . . | 107 | 14 | 31 | 44 |
| — 100 Kreatin . . . | 36 | 6,9 | 32 | 24 |
| — 100 Krümelzucker . | 40 | 6,6 | 0 | 53 |
| Kohlensäure . . | 31 | 0 | 0 | 82 |
| Wasser . . . . | 0 | 0,5 | 0 | 4,5 |

Die Zersetzung des Albumins ist nach dem vorstehenden Schema kein einfacher Zerfall in Kreatin und Zucker; wir sehen, dass der Sauerstoffgehalt des Albumins nicht einmal ausreichen würde, um den entstehenden Zucker mit Sauerstoff zu versehen.

Es scheint, dass die Bildung des Kreatins und des Zuckers ihren Grund habe in einer Oxydation des Eiweisses; sie scheinen als Oxydationsproducte neben Kohlensäure und Wasser zu entstehen.

Ganz zu den gleichen Resultaten gelangen wir, wenn wir anstatt Kreatin Harnstoff in die Rechnung einführen. Anders freilich würde sich das Resultat gestalten, wenn anstatt Zucker Fett in die Formel eingeführt würde. Ich will angesichts dieser Einschränkung die Möglichkeit, dass das Zerfallen des Eiweisses vielleicht nur auf einer Spaltung mit Aufnahme der Elemente des Wassers beruhen könne, nicht ganz von der Hand weisen. Gewiss müssen auch bei einem derartigen Vorgang Spannkräfte frei werden.

Damit beschliessen wir den ersten Abschnitt der vorliegenden Untersuchung und fassen nun auch zum Schlusse dieses Capitels die Versuchsergebnisse desselben zusammen.

## § 5.

## Resultate.

1. Die Trockensubstanzen des ruhenden und tetanisirten Muskels zeigen keine nachweisbaren Unterschiede in ihrem Stickstoffgehalt; er beträgt im Mittel: 14,4 %.

Aus der Vermehrung des Muskelwassergehaltes bei dem Tetanus berechnet sich danach ein Verlust an Eiweissstoffen des Muskels durch den Tetanus um: 1,35 %.

2. Die Menge des in Wasser löslichen Eiweisses wird durch den Tetanus um 0,3 — 0,4 % des feuchten Muskels und um 11 — 19 % der löslichen Eiweissmasse vermindert.

3. Die Gesammteiweissmenge des Muskels nimmt auch nach den directen Bestimmungen derselben durch den Tetanus ab; und zwar ergaben die Versuche für die Grösse dieser Abnahme einmal 0,3 %, das andere Mal 0,7 % auf den feuchten Muskel berechnet; auf die Gesammteiweissmenge des ruhenden Muskels berechnet: 2 — 5,5 %.

# ZWEITER ABSCHNITT.

## Der Einfluss des Tetanus auf den Gesammtstoffverbrauch des Organismus.

## Zehntes Capitel.

### Einige Beziehungen des Blutes zur Muskelarbeit.

---

### § 1.

**Bedarf der Muskel Blut zum Zustandekommen der Contraction?**

J. R. Mayer in Heilbronn a. N. sagt in seiner berühmten Schrift »Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel« pag. 54:

»Der Muskel ist nur das Werkzeug mittelst dessen die Umwandlung der Kraft erzielt wird, aber nicht der zur Hervorbringung der Leistung umgesetzte Stoff.«

Es ist keine Frage, dass die Ansicht Mayer's, obwohl sie, wie es scheint, noch immer ihre Anhänger zählt, durch eine grosse Anzahl physiologischer Beobachtungen schon widerlegt ist; die einfache Ueberlegung, dass der ausgeschnittene Muskel überhaupt noch zuckt und Arbeit leistet, weist schon mit ziemlicher Sicherheit die Annahme Mayer's zurück.

Aber freilich könnte man gegen diese Experimente noch einwenden und mit einigem Scheine des Rechtes, dass sie darum nicht beweiskräftig seien, weil stets in dem ausgeschnittenen Muskel noch etwas Blut enthalten ist. Diese geringe rückständige Blutmenge könnte man für den Grund der fortdauernden Bewegungsfähigkeit des Muskels erklären.

Die Frage lässt sich jedoch leicht entscheiden und es wurden von mir einige Versuche angestellt, welche sich unbedingt für den Muskel selbst als den Ort der Krafterzeugung aussprechen.

Einige Versuche über diesen Gegenstand sollen hier mitgetheilt werden.

Der Versuchsplan, den ich mir machte, war folgender.

Zuerst sollte der Muskel im Vollbesitze seines Blutes, bei Fortbestand seiner normalen Circulationsverhältnisse auf seine Contractionsfähigkeit untersucht werden; sodann nach vollständiger Entfernung von allem Blute aus dem Muskel von neuem.

Die Frage ist also: nimmt durch die Entfernung des Blutes die Contractionsfähigkeit des Muskels ab, oder wird sie vielleicht ganz dadurch vernichtet oder nicht?

Es ist klar, dass mit dem Beweise der letzten Alternative, die Unabhängigkeit der Muskelcontraction von der Anwesenheit des Blutes nachgewiesen sein würde.

Wenden wir uns sogleich zur Besprechung der einzelnen Versuche selbst, sie wurden an Fröschen angestellt.

Der Frosch wurde zum Zwecke des Versuches auf ein gut lackirtes Bretchen, das quer über die Mitte herüber eine eingesenkte Glasrinne trug, welche zur Ableitung der in Anwendung kommenden Flüssigkeiten und zu ihrer Abhaltung von der sogleich zu beschreibenden unteren Elektrode diente, so befestigt, dass die Froscharme oben durch Kautschukbänder gehalten wurden; ebenso waren auch die Füsse an einen blanken Zinkblechstreifen, der als untere Elektrode diente, und an welchem zu diesem Zwecke ein umsponnener Kupferdraht angelöthet war, durch Kautschukbänder angedrückt. Der Frosch ist in dieser Stellung fest fixirt und kann sich nicht aus der Lage, die ihm ertheilt wurde, befreien. Er wurde stets mit dem Bauche nach oben befestigt.

Die zweite Elektrode bestand in einem passend gekrümmten Kupferhaken, der durch das Maul eingestochen wurde. Ein Draht führte von dieser Elektrode wie von der erst beschriebenen zu einem du Bois'schen Schlüssel zum Tetanisiren. Von hier aus waren sie mit der secundären Spirale eines du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates verbunden. Die primäre Rolle stand mit einem kleinen Daniell'schen Elemente in Verbindung.

Auf diese Weise war es leicht, den Frosch zu einer beliebigen Zeit zu tetanisiren.

Zur Messung der Zuckungsgrösse vor und nach dem Entfernen alles Blutes wendete ich einen kleinen, einfachen Zeigerapparat an, den ich in der Folge »Muskelzeiger« benennen will; er stellte nur

eine für meine Zwecke getroffene Abänderung des du Bois-Reymond'schen Muskeltelegraphen[1]) dar.

Ein langer Zeiger, der in einem sehr leicht beweglichen Axenlager spielte, war senkrecht aufgestellt. Vier Linien über seinem Drehpuncte war an demselben durch einen in derselben Höhe über eine Glasrolle laufenden Faden ein Gewicht — 10 Grammen — angebracht, welches den Zeiger, der in seiner Mitte an eine Hemmung anschlug, in der verticalen Stellung erhielt und einen entsprechenden Zug ausübte. Von derselben Stelle aus, an welcher das Gewicht befestigt war, ging wieder ein Faden, der an seinem Ende einen feinen Metallhaken trug, welcher dazu diente, in die Achillessehne des auf seine Kraft zu prüfenden Gastrocnemius, die durch einen kleinen Hautschnitt aus dem sonst unverletzten Schenkel hervorgezogen wurde, eingestochen zu werden. Der Zeiger des Apparates spielte vor einem in Grade und halbe Grade getheilten Quadranten, sodass die Bewegungen des Zeigers, die dieser auf einen Zug an dem letztbesprochenen Faden ausführte, in Graden abgelesen werden konnte. Das an dem Zeiger befestigte Gewicht zog nach einer vorausgegangenen Bewegung denselben an die Hemmung in die verticale Richtung zurück. Um den Zug an dem Zeiger in einer Richtung, die mit der Stellung des Zeigers einen rechten Winkel bildete, ausüben zu können, war es nöthig dem zu beobachtenden Frosche resp. dem Versuchsbrete eine entsprechende Stellung geben zu können durch passende Vorrichtungen zum Heben und Senken. Um die Einwirkungen der Elasticitätsveränderungen des Muskels auszuschliessen, wurde ein jeder Einzelversuch unter der Vorsichtsmaassregel angestellt, dass der Zeiger durch feines Verrücken des Apparates und dadurch erzieltes Spannen des Zugfadens soweit von der schon erwähnten Hemmung abgehoben wurde, dass er gerade auf $0^0$ einstand. Der Abstand zwischen der Hemmung und der Beobachtungsstellung des Zeigers betrug eine halbe Linie.

Bei Anstellung eines Versuches wurde der Frosch mit dem Rücken nach unten auf das Zuleitungsbret befestigt, der eine Schenkel, an dem die Achillessehne blossgelegt war, so gedreht, dass der Gastrocnemius nach aufwärts sah. Der Zughaken wurde in die Achillessehne eingestossen, das Zuleitungsbret durch Verstellen in der Verticalen in die

1) Vorrichtungen und Versuchsweisen etc. S. 141.

Lage gebracht, dass der Zugfaden senkrecht auf den Zeiger wirkte. Der Zugfaden wurde durch Verschieben des Apparates so weit gespannt, dass der Zeiger von der Hemmung abgehoben wurde und auf 0° einstand.

Leitete man nun die erregenden Ströme dem Frosche zu, so mussten die Contractionen des Gastrocnemius den Zeiger abheben, seine Excursionen konnten an dem Zeiger abgelesen werden. War die Zuckung vorüber, so sank der Zeiger in die Ruhelage zurück, durch ein leichtes Verschieben des Muskelzeigers konnte dem Zugfaden die anfängliche Spannung wieder ertheilt werden und ein neuer Versuch konnte beginnen.

Um das Blut aus dem Muskel zu entfernen und so von der Concurrenz an dem Zustandekommen der Zuckung vollkommen auszuschliessen, wurde eine Spritze in die blossgelegte Aorta des Versuchsfrosches eingebunden und nachdem eine Gegenöffnung an der Herzkammer gemacht war, eine Kochsalzlösung von 0,5 % — 0,7 % eingespritzt und auf diese Weise alles Blut aus dem Organismus ausgewaschen. Das Auswaschen war beendigt, wenn kein Blutfarbestoff mehr der aus dem Herzen ausströmenden Flüssigkeit beigemischt erschien. Die Organe waren danach stets sehr blass, die Muskeln gelblich weiss.

Einige Versuchsbeispiele werden die beobachteten Verhältnisse klar machen.

**Tabelle.**

Zuckungsgrösse blutfreier und bluthaltiger Muskeln verglichen.

| Versuchs-Nummer. | Stellung der Rollen des Magnetelektromotors. M. M. | Zustand des Versuchsthieres. | Ausschlag des Muskelzeigers. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 40 | Das Thier frisch, die Spritze eingebunden. | 40° | Das Thier war mit Curare vergiftet. |
| | ,, | Salzlösung eingespritzt. | 40° | |
| 2. | 40 | frisch und bluthaltig | 45° | Curarefrosch. |
| | ,, | blutleer | 50° | |

| Versuchs-Nummer. | Stellung der Rollen des Magnetelektromotors. M. M. | Zustand des Versuchsthieres. | Ausschlag des Muskelzeigers. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 3. | 40 | bluthaltig | 45⁰ | Curarefrosch. |
| | ,, | ,, | 50⁰ | |
| | ,, | blutleer | 45⁰ | |
| | ,, | ,, | 47⁰ | |
| | ,, | ,, | 48⁰ | |
| 4. | 40 | bluthaltig | 45⁰ | Curarefrosch. |
| | ,, | blutleer | 44⁰ | |
| 5. | 40 | bluthaltig | 50⁰ | Curarefrosch. |
| | ,, | blutleer | 49⁰ | |
| | ,, | ,, | 47⁰ | |
| 6. | 40 | bluthaltig | 46⁰ | Curarefrosch. |
| | ,, | blutleer | 46⁰ | |
| 7. | 40 | bluthaltig | 29⁰ | Curarefrosch. |
| | ,, | blutleer | 30⁰ | |
| 8. | 40 | bluthaltig | 75⁰ | unvergifteter |
| | ,, | blutleer | 75⁰ | Frosch. |
| 9. | 40 | bluthaltig | 43⁰ | unvergifteter |
| | ,, | blutleer | 43⁰ | Frosch. |
| 10. | 40 | bluthaltig | 30⁰ | unvergifteter |
| | ,, | blutleer | 30⁰ | Frosch. |

Das Resultat der Versuche ist sehr in die Augen springend:

Die Zuckungsgrösse des geruhten Muskels ändert sich durch das vollkommene Entfernen des Blutes aus demselben nicht.

(Wir werden später sehen, dass sich dies Verhältniss für den tetanisirten Muskel anders stellen wird.)

Es zeigen sich nur Schwankungen in kleinen Grenzen und zwar fast immer nach aufwärts.

Das Resultat lehrt uns, dass wir im Muskel nicht allein den Uebertragungsmechanismus der durch die organischen Vorgänge erzeugten Kraft besitzen, sondern, dass der Muskel in sich selbst die Kraft erzeugt, die er nach aussen wirksam werden lässt. Er enthält in sich

alle Bedingungen zur Krafterzeugung. Da wir die Krafterzeugung in einer momentan gesteigerten Oxydation der Muskelstoffe zu suchen haben, so muss der Muskel selbst die Bedingungen der Oxydation: Fähigkeit zur Ueberführung des Sauerstoffs in die active Form, wie sie das Blut besitzt, in sich enthalten. Die Steigerung der Oxydation des Muskels bei dem Tetanus ist unabhängig von dem Blute.

Wir werden an einer späteren Stelle auf diese Behauptung zurückkommen und sie in ihrem eigentlichen Grunde experimentell zu erklären suchen.

## § 2.

## Einfluss des Blutgehaltes des Muskels auf die Dauer der Leistungsfähigkeit desselben.

In dem vorigen Paragraphen haben wir erwiesen, dass der Muskel in Beziehung auf seine Krafterzeugung vom Blute unabhängig ist, dass er alle dazu erforderlichen Momente in sich selbst vereinigt.

Aber was nennen wir denn Muskel?

In dem letzten Paragraphen haben wir den Muskel in einen principiellen Gegensatz zum Blute gesetzt. Ein solcher principieller Unterschied existirt aber in Wahrheit sicherlich nicht. Wir wissen, dass die wahrnehmbaren Stoffveränderungen im Muskeltetanus nicht sowohl an den festen, stabilen Organtheilen, sondern an der Muskelflüssigkeit zur Erscheinung kommen. Diese Muskelflüssigkeit steht nicht in einem Gegensatze zu den Flüssigkeiten des Organismus überhaupt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass innerhalb der Organe, innerhalb ihrer morphologisch stabilen Hüllentheile ein beständiger Wechsel und Austausch der Flüssigkeiten stattfinden müsse, dass im ununterbrochenen Strome die Gesammtmenge der Körperflüssigkeit den Organismus durchfliesst. In jedem einzelnen Organe werden zwar die Eigenschaften der Gesammtflüssigkeit in bestimmtem Sinne durch eigenthümliche Diffusions- und Oxydationsbedingungen etwas modificirt, aber trotzdem besteht in dem Sinne eine allgemeine Zusammengehörigkeit aller Theile der Körperflüssigkeit, als dasselbe Theilchen derselben in diesem Augenblick ein Bestandtheil des Muskels ist, im nächsten schon geht es vielleicht in das Blut über, um sogleich darauf sich an der Zusammensetzung einer Drüse zu betheiligen. Die beständig sich geltend machenden Einflüsse der Diffusion können unmöglich eine abgeschlossene Stabilität der ein-

selnen anatomisch getrennten Organe und der in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten bestehen lassen. So ist demnach auch in diesem Sinne richtig, was Liebig sagt, dass das Blut ein flüssiger Muskel sei.

Es ist klar, dass die Art wie die Stoffbewegung im Organismus in Organleistungen umgesetzt wird, von dem Organe abhängt, in welchem die Molecularbewegung des Stoffes stattfindet; derselbe oder wenigstens ein ganz analoger Vorgang wird in dem einen Organe eine Arbeitsleistung, in dem andern eine Temperaturerhöhung hervorrufen müssen, je nachdem er im Muskel, oder im Blute selbst auftritt.

Da aber, wie gesagt, beständig die Organflüssigkeiten ihren Ort wechseln, so ist der Organismus, einfach dadurch, dass er Stoffe aus dem einen Organe in das andere versetzt, im Stande, auch Theile irgend welches Organes zu irgend einem Zwecke zu verwenden, er kann z. B. das Blut, wenn auch nicht direct, doch indirect zur Erzeugung von Muskelarbeit benützen. Jedes einzelne Organ stellt für das andere ein Reservoir vor, aus welchem durch eine Veränderung der Diffusionsbedingungen, wie sie stets im Gefolge der Organthätigkeit auftreten muss, für die Sonderzwecke des bedürftigen Organes geschöpft werden kann.

In diesem Sinne dürfen wir demnach keinen Gegensatz zwischen Blut und Muskel statuiren. Im Gegentheil, wir können sagen, dass das Blut mit seinen Bestandtheilen sich an dem Zustandekommen der Muskelaction betheiligt, freilich erst dann, wenn es nach anatomischen Begriffen aufgehört hat, Blut zu sein. Wir können dadurch, dass wir mehr Blut zuführen, den im Muskel disponibeln Stoff vermehren.

Wir erinnern uns aus den Resultaten der Wasserbestimmung im Muskel im zweiten Capitel dieser Untersuchungen, in welch inniger Abhängigkeit wir die Grösse der Muskelleistungsfähigkeit von der Menge des im Muskel vorhandenen festen Stoffes erkannt haben:

»Je grösser die im Muskel gleichzeitig vorhandene Stoffmenge im Zustande der Ruhe ist, desto mehr kann von dieser im Tetanus verbraucht werden. Je mehr feste Stoffe der geruhte Muskel enthält, desto grösser ist seine mögliche Leistung.

Von diesem Standpuncte aus können wir, nicht nur die eben dargelegte Ansicht durch das Experiment prüfen, ja wir können auch,

dadurch dass wir den Blutgehalt eines Muskels variiren, die Menge der für ihn vorhandenen festen, zersetzbaren Stoffe beliebig vermehren oder vermindern, was auf einem anderen Wege, am Muskelgewebe selbst, nicht ausführbar wäre. Wir sind damit im Stande, experimentell den bisher durch Beobachtung am Muskelgewebe allein gefundenen Satz zu controliren.

Ein genaues Maass für die Gesammtarbeitsleistung eines Muskels, der Arbeitsgrösse, welcher ein Muskel bis zu seiner endlichen vollkommenen Erschöpfung zu leisten im Stande ist, existirt bis jetzt nicht. Wir sind bei einer derartigen Untersuchung gezwungen, uns mit mehr weniger nahe zutreffenden Schätzungswerthen zu behelfen.

Als ein derartiger Schätzungswerth lässt sich unter bestimmten Einschränkungen die Zahl der von einem Muskel bis zu seiner vollkommenen Reactionslosigkeit auf elektrische Ströme gemachten Zuckungen betrachten. Und zwar ist dies unter den Umständen möglich, dass man Muskeln von anfänglich gleicher Stärke, auf welche man gleichstarke Ströme einwirken lässt, so dass sie demnach wenigstens zu Anfang des Experimentes eine gleich grosse Einwirkung des elektrischen Reizes erfahren, mit einander nach dem angegebenen Gesichtspuncte vergleicht.

Diese Umstände sind so nahe als möglich bei den gleichnamigen Muskeln eines und desselben Individuums erreicht, die man zugleich in denselben Kreis des reizenden Stromes eingeschaltet hat.

Die Versuchsbedingungen und die Art ihrer Verwerthung für die vorliegende Frage werden am leichtesten anschaulich werden bei dem Betrachten eines derartigen Versuches selbst.

Bei einem munteren Frosche wurde der eine Unterschenkel mit seiner Hautbedeckung oberhalb des Knies mit einem starken Faden abgeschnürt, so dass bei dem folgenden Abschneiden des Gliedes keine Blutung aus den Gefässen des Unterschenkels und Fusses eintreten konnte. Eine Quetschung der Ansatzstelle des Gastrocnemius wurde sorgfältig vermieden. Das Thier wurde sodann durch einen Nackenschnitt getödtet, die beiden Unterschenkel in gleicher Höhe abgetrennt, wobei das nicht unterbundene Glied sich verblutete, das Blut wurde durch zartes Streichen und Betupfen der Schnittwunde mit ungeleimtem Papier so sorgfältig als möglich entfernt. Hierauf wurden die Reste der an den beiden Stümpfen noch ansitzenden Oberschenkel-

muskeln vom Knochen abpräparirt und die Knochenstümpfe zu gleicher Länge an beiden Präparaten abgeschnitten.

Die Einschaltung der beiden Unterschenkel in denselben Stromkreis war auf folgende einfache Weise erreicht. An zwei Seiten einer Glasschale, die mit Quecksilber gefüllt war, wurden zwei Glassäulchen befestigt, an welchen oben je ein Metallhaken ansass, dessen spitziges Ende in den Knochenstumpf des Oberschenkels an den oben beschriebenen Präparaten und zwar in die Markhöhle eingestossen werden konnte. Der Knochenstumpf wurde mit dem erhaltenen Hautrest des Oberschenkels bedeckt. Die Metallhaken waren so hoch über dem Quecksilberspiegel angebracht, dass die beiden Präparate in gleicher Weise und Ausdehnung gleichzeitig und neben einander auf dem Quecksilber aufruhten, demnach bei einer eintretenden Streckung noch inniger mit demselben in Berührung kommen mussten. Beide Haken waren durch einen Kupferdraht zusammengelöthet, von dem Verbindungsdraht führte eine metallische Leitung zu einem du Bois-Reymond'schen Schlüssel zum tetanisiren.

In das Quecksilber war ebenfalls ein verquickter Kupferdraht, der gleichfalls zu dem Schlüssel führte, eingesenkt

Mit dem Schlüssel war in bekannter Anordnung der du Bois-Reymond'sche Schlittenapparat verbunden.

Um das Tetanisiren in bestimmten Pausen vor sich gehen zu lassen, war zwischen das Element — ein Daniell'sches — und der primären Rolle des Inductionsapparates das schon benutzte Uhrwerk eingeschaltet, dessen Zeiger durch das Hindurchgehen durch eine kleine Quecksilberwanne, abwechselnd den Strom für eine bestimmte Zeit schloss und wieder öffnete, sodass auf diese Weise für die Präparate Tetanus mit Ruhe und zwar in gleichlangen Zeiten, abwechselte. Der Zeiger drehte sich in 0,5 Minute einmal ganz um seine Achse. Während dieser Zeit schloss er zweimal den Strom und öffnete ihn zweimal.

Um die Frage zu entscheiden, ob der blutreiche Schenkel längere oder kürzere Zeit zucke als der blutleere, mussten vorerst Vorversuche angestellt werden, über das Verhalten zweier Schenkel desselben Individuums, die unter den gleichen Versuchsbedingungen den ermüdenden Einflüssen ausgesetzt worden waren.

Directe Versuche ergaben, dass die zwei Unterschenkel desselben Thieres unter gleichen Verhältnissen in fast allen Fällen annähernd in

der gleichen Zeit für die elektrische Reizung reactionslos würden. Der Unterschied betrug in der hervorragenden Menge von Fällen von 0—3 Minuten. Einen Fall, den ungünstigsten aus allen mir zu Gebote stehenden Versuchsprotokollen, werde ich hier in ganzer Ausdehnung mittheilen, um ein Bild von der Art dieser Resultate zu geben.

**Versuch Nr. I.**

Vergleichende Beobachtung zweier Unterschenkel des gleichen Thieres mit gleichem Blutgehalte.

| Versuchs-Zeit. | Verhalten des Unterschenkels a. | Verhalten des Unterschenkels b. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| 10h 52′ | Starker Tetanus beider Unterschenkel. | | Die Unterschenkel waren an dem geköpften, verbluteten Thiere abgeschnitten, ohne den Blutgehalt weiter zu reguliren. |
| 11h 14′ | Die Zuckungen werden bei beiden schwach. | | |
| 11h 22′ | + | + | NB. + bedeutet Gesammtzuckung des Gastrocnemius; ? fibrilläre Zuckung sehr schwach; 0 keine wahrnehmbare Zuckung. |
| 23′ | ? | + | |
| 24′ | ? | + | |
| 25′ | ? | + | |
| 26′ | + | + | |
| 27′ | 0 | 0 | |
| 31′ | 0 | ? | |
| 32′ | 0 | 0 | |
| 33′ | 0 | + | |
| 34′ | + | + | |
| 35′ | 0 | 0 | |
| 36′ | 0 | 0 | |
| 37′ | 0 | 0 | |
| 38′ | 0 | 0 | |

In 42 Minuten waren beide Schenkel vollkommen reactionslos geworden, nachdem sie schon nach 34 Minuten aufgehört hatten regelmässig auf die Schläge des Inductionsapparates zu antworten. Der Schenkel b in vorstehender Tabelle zeigte sich etwas länger erregbar als der Schenkel a, der Zeitunterschied beträgt 8 Minuten. Wir müssen diese Zeit annehmen als den möglichen Versuchsfehler in den folgenden Versuchen: alle Unterschiede, welche in diese Grösse hereinfallen, müssen als nicht beweisfähig angesehen werden. Glücklicherweise sind die bei den folgenden Untersuchungen sich ergebenden Unterschiede so bedeutend, dass ein derartiger Zeitunterschied dagegen noch vollkommen als verschwindend betrachtet werden darf. Ich wende mich sogleich zu den eigentlichen Versuchen selbst.

## Versuch Nr. II.

Vergleichende Beobachtung eines bluthaltigen und eines blutleeren Unterschenkels desselben Thieres.

| Versuchs-Zeit | Zahl der Zuckungen. | Verhalten des Unterschenkels a. blutleer. | Verhalten des Unterschenkels b. bluthaltig. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 11 h 30′ | | Starker Tetanus beider Schenkel. | | |
| 45′ | | Noch kein Unterschied in der Stärke der Zuckung wahrnehmbar. | | |
| 55′ | | schwache Z. | stärkere Z. | |
| 12 h | | ,, | ,, | |
| 10′ | | ,, | ,, | |
| 15′ | | sehr schw. Z. | ,, | |
| 17′ | | zu 0 | + | |
| 22′ | | ,, | + | |
| 28′ | 232 | ? | + | 232 : 340 = 1 : 1,5 |
| 29′ | | 0 | + | |
| 30′ | | 0 | + | |
| 40′ | | 0 | + | |
| 50′ | | 0 | + | |
| 55′ | 340 | 0 | + | |
| 3 h 43′ | | starke Z. | stärkere Z. | Von 12 h 55′ bis 3 h 43′ – |
| 47′ | | sehr schw. Z. | ,, | waren die Unterschenkel in Ruhe. |
| 47,5′ | 18 | zu 0 | + | |
| 47,75′ | | 0 | + | |
| 48′ | | 0 | + | |
| 49′ | | 0 | + | |
| 51′ | | 0 | + | 18 : 48 = 1 : 2,6. |
| 51,5′ | | 0 | zu 0 | |
| 52′ | | 0 | ,, | |
| 53′ | | 0 | + | |
| 54′ | | 0 | + | |
| 55′ | 48 | 0 | + | |
| 56′ | | 0 | 0 | |
| 57′ | | 0 | 0 | |
| 4 h 45′ | | + | + | Ruhe zwischen 3 h 57′ und 4 h 45′ |
| 46′ | 4 | 0 | + | 4 : 16 = 1 : 4. |
| 49′ | 16 | 0 | + | |
| 50′ | | 0 | 0 | |
| 5 h 6′ | | 0 | + | Ruhe zwischen 4 h 50′ und 5 h 6′ |
| 7′ | 8 | 0 | + | |
| 8′ | | 0 | 0 | |

Das Resultat ist sehr in die Augen springend.

Der bluthaltige Schenkel überdauerte den blutleeren in höchst bedeutender Weise; es ist keiner Frage unterworfen, dass demnach der

blutreiche Schenkel eine weit bedeutendere Gesammtarbeit zu leisten habe, als der blutleere.

Ganz diesem Resultate entsprechend verhalten sich alle von mir zur Entscheidung der vorliegenden Frage angestellte Versuche; stets ist der blutreichere Schenkel länger auf elektrischen Reiz erregbar als der blutleere. Die Zeitdauer ist schwankend. In dem extremsten Falle war 50 Minuten nachdem der blutleere Schenkel aufgehört hatte zu reagiren, die Reactionsfähigkeit bei dem bluthaltigen noch nicht verschwunden.

Das Resultat ist zu deutlich und stimmt zu sehr mit bisher gehegten Ansichten über dieses Verhältniss überein, als dass ich noch mehr derartige Versuche, von denen mir eine bedeutende Anzahl zu Gebote steht, hier mitzutheilen mich veranlasst sähe.

Der Versuch lässt sich auch mit Strychnin am lebenden Thiere leicht anstellen. Nur ist zu beachten, dass die Dosis des Strychnins nicht allzuschnell alle Reactionsfähigkeit aufhebe, sehr schwache Zuckungen sind schwer in ihrer Grösse zu vergleichen.

Unterbindet und durchschneidet man an einem lebenden Frosche die eine Arteria iliaca ohne eine Verletzung der Nerven herbeizuführen und vergiftet das Thier mit Strychnin, so sieht man sehr deutlich, dass das durch die Unterbindung der Arterie — und ihrer Durchschneidung — blutleer gemachte Bein sehr viel schneller ermüdet als das bluthaltige. Während sich letzteres noch stark streckt bei jedem Tetanusanfall, zuckt das andere entweder gar nicht, oder wenigstens nur sehr schwach.

In Folgendem theile ich eines der Versuchsprotokolle mit.

### Versuch Nr. III.

Beginn des Versuches: $4^h$ 5′ mit Unterbindung der linken Art. iliaca und Durchschneidung derselben.

$4^h$ 10′ Vergiftung mit einer Strychninlösung durch eine Rückenhautwunde.
14′ Erste Zuckung.
14,5′ Tetanus.
17,5′ Ruhe.
18′ Reiz durch Erschütterung: Streckung des rechten, blutreichen Beines, schwache Zuckung des blutleeren.

19'—23' Verhalten wie oben.

24' Schwächere Zuckung im rechten Beine, links keine Reaction mehr.

Das Resultat dieser Versuche, deren Schema ich hier mitgetheilt habe, stimmt vollkommen mit der ersten Versuchsreihe überein. Der blutreiche Schenkel ist im Stande eine grössere Gesammtarbeit zu leisten als der blutleere.

Es ist nach diesen Versuchen klar, dass der Muskel beim Tetanus im lebenden Organismus nicht allein die momentan in ihm enthaltene Stoffmenge zum Verbrauche vorräthig besitzt, sondern, dass auch von den übrigen flüssig-beweglichen Körperstoffen zur Muskelarbeit verwendet werden kann.

Fassen wir die gewonnenen Resultate zusammen.

## § 3.

## Resultate.

1. Die Zuckungsgrösse des geruhten Muskels ändert sich durch das vollkommene Entfernen des Blutes aus demselben im Wesentlichen nicht.

Das Blut ist zum Zustandekommen der Muskelcontraction unnöthig. Der Muskel enthält in sich alle zur Muskelarbeit nöthigen Momente.

2. Doch ist der bluthaltige Muskel im Stande, eine grössere Gesammtarbeit zu leisten als der blutleere.

Der Muskel vermag auch Stoffe aus dem Blute zur Arbeitsleistung zu verwenden.

## Elftes Capitel.

# Die täglichen Kohlenstoff- und Stickstoff-Ausscheidungen des menschlichen Organismus bei genügender Nahrung und Muskelruhe.

---

### § 1.

### Versuchsplan und Methode.

Es wurde in der Einleitung auseinandergesetzt und die Gründe besprochen, warum es nöthig sei, bevor wir die Ausscheidungsverhältnisse des menschlichen Organismus unter irgend welchen äusseren Bedingungen, zum Behufe deren Einwirkung auf den Ausscheidungsmodus zu prüfen, einer erneuten Untersuchung unterwerfen können, vorerst das gleiche Problem für den menschlichen Organismus zu lösen, das in so glänzender Weise von Bischoff, Voit und Pettenkofer für den Fleischfresser gelöst worden ist.

Es muss erst der Ausscheidungsmodus unter dem Einflusse der normalen Bedingungen — Ruhe — vollkommen erforscht sein, ehe wir zur Lösung der Frage: sind bestimmte äussere oder innere Momente von Einfluss auf diesen Vorgang? schreiten können.

Unsere erste und Hauptaufgabe wird sicherlich die sein müssen, zu constatiren, dass der von Liebig aufgestellte, von Bischoff, Voit und Pettenkofer für den Fleischfresser erwiesene Satz: der Harnstoff ist ein Maass der Umsetzung, auch für den Menschen gültig sei.

Es war nöthig in die vorliegende Untersuchung den Menschen hereinzuziehen, da nur an seinem Organismus die uns im dreizehnten Capitel beschäftigende Frage gelöst werden kann: ist die Muskelarbeit von Einfluss auf die stündliche Harnstoffausscheidungsgrösse; da man nur von ihm, ohne äusserste Schwierigkeit, die gesammte Harnstoff-

menge, die in Zeit einer Stunde in die Blase abgeschieden wurde, vollständig erhalten kann.

§ 1 des ersten Capitels dieser Untersuchungen habe ich schon den Einfluss, welchen die Herren Professoren Bischoff, Voit und Pettenkofer auf die Untersuchungen geübt haben, die in den beiden Capiteln, in dem vorliegenden und dem folgenden, mitgetheilt werden sollen, dankend besprochen.

Die Resultate dieser beiden Capitel wurden schon unter dem Titel: »Kohlenstoff- und Stickstoff-Ausscheidung des ruhenden Menschen« in Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1861. S. 311 ff. von mir mitgetheilt.

Die Untersuchungen des dreizehnten Capitels sind zeitlich weit später in dem Laboratorium des Herrn Professor J. von Liebig angestellt worden. —

Die Hoffnungen, die Voraufgabe lösen zu können, waren bei Beginn der Arbeit ziemlich gering. Die negativen Resultate, welche bisher beim Menschen in Bezug auf das Wiedererscheinen alles aufgenommenen Stickstoffs in den Excreten von der überwiegenden Mehrzahl der bedeutendsten Forscher erhalten worden, liessen a priori wenig Hoffnung zu, dass es mir gelingen würde, die Aufgabe einer entsprechenden Lösung entgegen zu führen.

Es ist aber, wie dies von Bischoff und Voit klar dargelegt wird, werthlos, Stickstoffbestimmungen im Harne und Kothe vorzunehmen, bevor es entschieden ist, dass wir in diesen Excreten allen vom Organismus ausgeschiedenen *N* wiederfinden.

Geht auf irgend einem Wege uncontrolirbar *N* aus dem Organismus, so ist es natürlich vollkommen unmöglich, Etwas über die wahre Grösse des Stickstoffverbrauches des Organismus auszusagen, da ja dann keine Möglichkeit vorliegt, letztere Grösse mit nur annähernder Sicherheit zu bestimmen.

Die behauptete directe *N*-Ausscheidung durch Haut und Lungen, die Angaben über das Vorkommen von Harnstoff im normalen Schweisse des Menschen, dann besonders die von Bischoff und Voit gemachte Angabe, dass es unter Umständen (auch im normalen Organismus?) möglich sei, dass der Harnstoff im Blute oder in der Harnblase noch weitere Veränderungen erfahre, und in andere Formen, z. B. kohlensaures Ammoniak, übergeführt werde, liessen alle die Möglichkeit als

eine sehr geringe erscheinen, dass ich im Stande sein würde, den menschlichen Organismus unter solche Ernährungsverhältnisse zu setzen, dass sich die Einnahme und controlirbare Ausgabe in der Zeiteinheit vollkommen im Gleichgewichtszustande befänden.

Andererseits sprang sogleich in die Augen, dass von den bisherigen Untersuchern der vorliegenden Frage der Ernährungsbedingungen des Menschen die nothwendige Sorgfalt in der Bestimmung und Controlirung der Einnahmen des Organismus nicht in Anwendung gebracht worden war. Das Verdienst, die richtigen Grundsätze in dieser Beziehung klar ausgesprochen und consequent in Anwendung gezogen zu haben, gebührt den beiden genannten Forschern. Ich musste, wie sie, versuchen, in wie weit es mir gelingen würde, nur solche Nahrungsstoffe zur Einfuhr anzuwenden, die verhältnissmässig genau chemisch bestimmbar und bestimmt wären, denn nur wenn man wirklich sicher die wahre Grösse der Einnahme speciell von *N* in den Organismus kennt, ist es möglich, die Frage über das postulirte Gleichgewicht zu entscheiden.

Es lag nahe, den Versuch zu machen, dieselben Stoffe, die den genannten Untersuchungen für die Ernährung des Hundes gedient hatten, auch für meine Zwecke zu benutzen; besonders schien es nöthig, dieselbe Methode des Fleischausschneidens, wie sie von Bischoff und Voit angewendet worden war, auch für die Menschen zu adoptiren. Diesem Versuche stellten sich jedoch bedeutende Schwierigkeiten entgegen. Die auf die angegebene Weise erhaltenen, von allem sichtbaren Fette, gröberen Bindegewebszügen und Arterien etc. befreiten Fleischstückchen haben gewöhnlich nur eine äusserst geringe Grösse, so dass es unmöglich schien, dieselben noch einer Zubereitung zu unterwerfen, wie sie für den Menschen nothwendig ist. Ich suchte diesem Uebelstande dadurch zu entgehen, dass ich in der ersten der im Folgenden mitgetheilten Versuchsreihen das magerste Kuhfleisch, welches ich auftreiben konnte, zur Nahrung verwendete, welches eine scheinbar so homogene Beschaffenheit besass, dass es unbedenklich als fettfrei schien angenommen werden zu können.

In den weiteren Versuchsreihen musste ich mich jedoch nichts desto weniger entschliessen, zu dem directen Ausschneiden meine Zuflucht zu nehmen, und es zeigte sich, dass von demselben in keiner Weise Umgang genommen werden durfte.

Die Zubereitung war folgende:

Die grösseren Fleischstücke wurden in feine Scheibchen geschnitten und sodann mit der Scheere von jedem sichtbaren Fettpartikelchen und gröberem Bindegewebe befreit. Sodann wurde es unter meiner Aufsicht in einem neuen eisernen Pfännchen gebraten, mit einer abgewogenen Schmalzmenge und der Vorsicht, dass von letzterem durch Sprützen Nichts verloren ging. Zum Schlusse wurde sorgfältig aus der Pfanne alles Angebackene ausgekratzt, zuletzt noch mit Brod ausgewischt.

Versäumt man diese Vorsichtsmaassregeln, so läuft man durchaus Gefahr, weniger Stickstoff in den Organismus einzuführen, als man der Rechnung nach erwartete, mag nun entweder schon frisch Fett als Fleisch in Rechnung gezogen worden sein, wenn das Fleisch nicht mit der äussersten Sorgfalt ausgeschnitten würde, oder mag Etwas in der Pfanne geblieben sein.

Stickstoffbestimmungen im gebratenen Fleische sind wenig zuverlässig und können darum nur mit grosser Vorsicht an Stelle des angegebenen umständlichen Weges angewendet werden. Ich machte zwei vergleichende Stickstoffbestimmungen zweier Stücke desselben Rinderbratens. Das erste Mal erhielt ich 9,9 %, das zweite Mal 11 % des bei 100° C. getrockneten Fleisches. Die Fettbestimmungen laboriren noch an einem bedeutenderen Fehler. Neben dem Fleische wurde noch schwarzes Roggenbrod, von dem die braune Rinde entfernt war, zur Nahrung verwendet. Der *N*-Gehalt desselben wurde, wie der des ausgeschnittenen Fleisches, von Voit, der dasselbe auch in seinen Untersuchungen verwendete, vielfältig bestimmt und von der gleichen Mehlsorte als fast absolut constant gefunden. Meine Bestimmungen stimmen mit den seinigen vollkommen überein.

In den beiden ersten Versuchsreihen wurde ausser Fleisch und Brod nur noch zerlassene Butter, Schmalz, in Anwendung gezogen; dieselbe enthielt keinen *N*.

In den letzten Reihen wurde ausserdem noch Kartoffeln, ganze Eier und Eiereiweiss, auch Butter genossen. Kartoffeln und Eier sind chemisch nicht genau zu charakterisiren, sie wurden darum in der letzten Reihe verlassen.

Die Nahrung der letzten (IV.) Reihe scheint mir zur Anstellung der betreffenden Versuche sehr günstig. Sie wurde, ohne sehr compli-

cirt zu sein, gern genossen. Im Näheren verweise ich auf die Versuchsreihe Nr. IV selbst.

Bei der verhältnissmässigen Einfachheit der angewendeten Nahrungsmittel wurde es so möglich, mit grosser Genauigkeit verschiedene Tage hindurch eine gleichmässige Nahrungsmenge einzuführen, deren *N*-Gehalt, in den meisten Fällen auch der *C*-Gehalt, genau bekannt war.

Zur *N*-Bestimmung im Harne wurde für die Bestimmung des Harnstoffs die Liebig'sche Titrirmethode in Anwendung gebracht.

Die Harnsäure wurde durch Ausfällen mit Salzsäure, wie dies in den analytischen Belegen näher ausgeführt ist, bestimmt.

Schwieriger erschien es, die Bestimmung des je auf eine Versuchsreihe treffenden Kothes genau machen zu können. Es gelang mir dies jedoch mit vollkommen genügender Schärfe durch Benützung der Erfahrung, dass mit der Nahrung zugleich genossene unverdauliche kleine Körper sich im Kothe, mit demselben gleichmässig gemischt wiederfinden und dadurch den Koth zu charakterisiren im Stande sind. Ich wendete bei meinen Versuchen zu diesem Zwecke die an ihrer rothen Farbe leicht kenntlichen Hülsen der Preisselbeeren an, welche an dem Tage vor dem Versuchstage genossen, den betreffenden Koth wieder erkennen liessen, ebenso Feigen.

Um die Trennung noch leichter vornehmen zu können, wurde, wie dies Bischoff und Voit auch beim Hunde thaten, die letzte Mahlzeit, bei welcher die Beeren mit genossen wurden, wenigstens 20 Stunden vor der folgenden ersten Versuchsmahlzeit eingenommen. Der Koth der letzt vorausgegangenen war während dieser Zeit sicher in dem Ende des Dickdarmes angelangt. Er liess sich stets durch seine Farbe und dadurch, dass der neuere Koth dem alten wie eine Haube aufsass, ohne mit ihm zusammengeflossen zu sein, leicht und sicher trennen.

Die *N*-Bestimmungen im Kothe wurden in der bei 100° C. getrockneten Substanz durch Glühen mit Natronkalk vorgenommen.

In Bezug auf die in der Untersuchung vorkommenden Körpergewichtsbestimmungen habe ich zu bemerken, dass es Nackend-Gewichte sind. Sie wurden auf einer vortrefflichen Brückenwaage angestellt, auf welcher ein Gewichtsunterschied von 10 Gr. noch abzulesen, von 5 Gr. noch zu schätzen war.

Die zur Nahrung verwendeten Speisen wurden auf einer Teller-

waage, welche auf 0,05 Gr. noch einen deutlichen, ablesbaren Ausschlag gab, gewogen.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes des Harnes wurde mit einer feinen Senkwaage vorgenommen, welche einen halben Theilstrich noch ablesen, einen viertel Theilstrich noch schätzen liess.

Zur Bestimmung der Gesammtmenge der festen Ausscheidungen durch den Harn wurden 10 CC. Harn unter der Luftpumpe getrocknet und gewogen.

Bischoff und Voit haben, den Harnstoff als Maass des Stoffwechsels benutzend, eine Rechnung angestellt, durch welche sie die gleichzeitig ausgeschiedenen *C*- und *H*-Mengen zu bestimmen suchten.

Es war mir von grossem Werthe, diese Rechnung wenigstens für den *C* in meinen Versuchen durch directe Bestimmung desselben controliren zu können, was durch den von Herrn Professor Pettenkofer construirten Apparat für die Bestimmung der ausgeathmeten $CO_2$ möglich wurde. Diese Versuche wurden von den Professoren Pettenkofer und Voit selbst geleitet.

In Betreff der Beschreibung des Pettenkofer'schen Apparates verweise ich auf die Denkschrift der Münchener Akademie und die Annal. d. Chem. u. Ph. 1862. II. Suppl. 1. Heft. In den zum Schlusse mitgetheilten Tabellen sind die directen Versuchsresultate der *C*-Bestimmung mitgetheilt.

Zum Schlusse habe ich noch zu bemerken, dass ich alle im Folgenden mitgetheilten Versuche an mir selbst angestellt habe. Ich befand mich zur Zeit derselben in vollkommen gesundem, kräftigen Körperzustande und in dem Alter von 24 Jahren. Meine Grösse beträgt 6′ 2″ bayrisch; mein Durchschnittsgewicht 70 Kgrm.

Im Folgenden werde ich zuerst die Versuchsreihen anführen, welche zum Behufe der Entscheidung der Frage angestellt worden sind, ob es möglich sei, beim Menschen einen derartigen Körperzustand herbeizuführen, in welchem ebensoviel *N* und *C* in den controlirten Excreten, Harn, Koth und Respirationsausgabe, wieder erschiene, als in der Nahrung gegeben wurde. An diese Untersuchung schliessen sich sodann noch einige Beobachtungen über Modificationen der Ernährung an.

## § 2.

### Versuche zur Bestimmung des quantitativen Verhältnisses der Stickstoff-Ausscheidung durch Darm und Nieren zur Stickstoffaufnahme in der Nahrung.

Zur Bestimmung des quantitativen Verhältnisses der *N*-Ausscheidung zur *N*-Aufnahme war es erforderlich, längere Zeit den Körper unter vollkommen gleichen Ernährungsbedingungen zu halten, da es nur dadurch möglich wird, dass sich der Körper mit der Nahrung ins Gleichgewicht setzt.

Versuchsreihe Nr. I.

Anfang: den 31. October 4 Uhr Abends.
Ende: den 7. November 4 Uhr Abends, 1860.

Das Befinden zu Anfang und während des Verlaufes der Versuchsreihe war vollkommen normal.

Die körperliche Bewegung, auf ein Minimum beschränkt, war an den einzelnen Versuchstagen so viel als möglich gleich.

Die Witterung war anhaltend kalt, so dass von Schweiss während der Reihe keine Spur bemerkt wurde.

Während der ersten drei Versuchstage — 31. Oct. bis 2. Nov. incl. — wurden folgende Nahrungsmengen aufgenommen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Rindfleisch | 500 Grm. | = 17 Grm. *N* | und 62,7 Gr. *C* |
| Brod | 200 „ | = 2,56 „ | „ „ 48,72 „ „ |
| Fett | 15 „ | = 0 „ | „ „ 10,19 „ „ |
| Salz | 10 „ | | |
| Wasser | 2000 CC. | | |
| | Zusammen 19,56 Grm. *N* | | u. 121,6 Gr. *C*. |

Verhältniss des *N* zum *C* der Nahrung wie 1 : 6,2.

Den 4. Versuchstag — 3. Nov. — wurden zu obiger Nahrung noch 35 Grm. Fett gegeben mit 23,8 Grm. *C*, und 125 Grm. Rohrzucker mit 52,7 Grm. *C*. Dadurch stieg die *C*-Menge der Nahrung auf 198 Grm. Die *N*-Menge blieb die gleiche.

Den 5. Versuchstag — 4. Nov. — wurden noch 30 Gr. Fett zugesetzt mit einer *C*-Menge von 20,3 Grm. Die Gesammtmenge des gegebenen *C* belief sich nun auf 218,4 Gr. Diese letzten Nahrungsquantitäten wurden den 4., 5. und 6. November beibehalten.

$N : C = 1 : 11{,}16$.

Den 7. November wurden 2009 Gramm roh gewogenes Rehfleisch mit 80 Gramm Fett gegessen. Der *N*-Gehalt dieser Fleischmenge betrug 66,3 Grm. In Fett und Fleisch waren enthalten 305,8 Grm. *C* (cfr. Fleischtag Nr. 2).

In folgender Tabelle sind die Resultate zusammengestellt.

| Datum. | K. Gewicht. | Ausscheidung. | | | | Nahrung. | | Differenz der *N* Ausscheidung zur *N* Aufnahme. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\dot{U}$ | $\bar{U}$ | Koth. | Gesammt-Gew. d. *N* | *N* | *C* | |
| 31. X. | 69570 | 42,07 | 1,04 | 46,1 | 21,51 | 19,56 | 121,6 | + 1,95 |
| 1. XI. | 69340 | 47,8 | 1,11 | 48,4 | 23,86 | ,, | ,, | + 4,3 |
| 2. | 69340 | 51,4 | 1,12 | 0 | 25,45 | ,, | ,, | + 5,89 |
| 3. | 68800 | 47,3 | 1,25 | 164,7 | 23,68 | ,, | 198 | + 4,12 |
| 4. | 68600 | 38,2 | 1,07 | 59,4 | 19,372 | ,, | 218 | — 0,188 |
| 5. | 68660 | 38,4 | 0,68 | 53,4 | 19,34 | ,, | ,, | — 0,22 |
| 6. | 68600 | 40,1 | 1,03 | 0 | 20,19 | ,, | ,, | + 0,63 |
| 7. | 68550 | 75 | 2,11 | 12,1 | 43,9 | 66,3 | 305,8 | — 22,4 |
| 8. | 67610 | | | 35,5 | | | | |
| 9. | | | | 251 | | | | |

Den ersten Versuchstag — 31. October — wurden 46 Gramm auf den vergangenen Tag gehöriger Koth, durch Beeren abgegrenzt, entleert.

Auf die Versuchsreihe selbst fallen 373 Gramm Koth vom ersten bis siebenten Versuchstage, incl. mit einem *N*-Gehalt von 8,29 Gramm. Es wurden also an je einem Versuchstage 1,184 Gramm *N* im Kothe entleert, welche Grösse zu dem aus $\dot{U}$ und $\bar{U}$ berechneten *N*-Gehalt des entleerten Harnes in obiger Tabelle hinzugerechnet wurde.

Den achten Versuchstag, — 7. November — an welchem nur Fleisch genossen wurde, wurde der Koth ebenfalls abgegrenzt. Am 7. November wurden 12,1 Gramm Faeces ausgeschieden, welche noch auf die gemischte Kost zu rechnen sind. Am 9. November 277 Gramm, von denen 251 sich als Fleischkoth zu erkennen gaben, 35 Gramm wurden auf die vorhergehenden Tage bezogen. Der Fleischkoth enthielt 5,5 Gramm *N*, welche bei der Zusammenstellung der ausgeschiedenen *N*-Gesammtmenge am Fleischtage in Rechnung gezogen wurden.

Während der ersten drei Versuchstage, an welchen der *C* der Nahrung 121,6 Gramm betrug, beobachteten wir im Vergleiche mit dem *N*-Gehalte der Nahrung eine ziemlich bedeutende Mehrausscheidung von *N* in den Excreten; und zwar stieg diese Mehrausscheidung vom ersten bis dritten Versuchstag bedeutend.

Am vierten Versuchstage, an welchem bei gleichbleibender *N*-Zufuhr der *C*-Gehalt der Nahrung auf 198 Gramm erhöht worden, sehen wir die *N*-Ausscheidung etwas sinken, bis sie am fünften Tage bei einer Erhöhung des *C*-Gehaltes der Nahrung bis auf 218,4 Gramm mit der Einnahme an *N* in vollkommenem Gleichgewichte sich befindet.

Wir sehen bis zu einer gewissen Grenze die *N*-Menge der Excrete in einem umgekehrten Verhältnisse zu der *C*-Menge der aufgenommenen Nahrung. Mit dem Steigen der letzteren sinkt die erstere.

Während des fünften, sechsten und siebenten Versuchstages sehen wir in dem Harne und den Faeces genau ebensoviel *N* ausgeschieden, als in der Nahrung während dieser Zeit eingeführt wurde.

Der Beobachtungsfehler erscheint hier sehr gering: in den drei betreffenden Tagen stellt sich ein Ueberschuss von nur 0,22 Gramm *N* heraus.

Während der drei letzten Versuchstage wurden in je 24 Stunden ausgeschieden:

| im Harne: | im Kothe: | zusammen: |
|---|---|---|
| 18,456 *N.* | 1,184 *N.* | 19,64 *N.* |
| 8,11 *C.* | 8,13 *C.* | 16,24 *C.* |

In der Nahrung wurden eingeführt:

19,56 *N* und 218,4 *C.*

Es bleiben also für die Respiration, wenn wir annehmen, dass ein vollkommener Ersatz aller Ausgaben durch die Nahrung erzielt worden sei:

0 *N* und 202,16 *C.*

Ueber den Fleischtag vergleiche Captel XII.

## Versuchsreihe Nr. II.

Anfang: den 4. December, 4 Uhr Abends,
Ende: den 7. December, 4 Uhr Abends, 1860.

Befinden bei Beginn des Versuches normal; am dritten Versuchstage stellten sich mit einem heftigen Katarrh rheumatische Hüftschmerzen ein, der Versuch wurde dadurch unterbrochen.

Die Witterung war rauh und nasskalt.

Als Nahrung wurde in je 24 Stunden aufgenommen:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fleisch | 300 | Grm. | = | 10,2 | Grm. | $N$ und | 37,56 | Grm. | $C$ |
| Brod | 400 | „ | = | 5,1 | „ | „ „ | 97,44 | „ | „ |
| Fett | 20 | „ | = | | | | 13,6 | „ | „ |
| Zucker | 200 | „ | = | | | | 84,2 | „ | „ |
| Salz | 10 | „ | | | | | | | |
| Wasser | 1900 | CC. | | | | | | | |

Zusammen 15,3 Grm. $N$ und 232,8 Grm. $C$.

Verhältniss des $N$ zum $C$ in der Nahrung wie 1 : 15.

Das Essen blieb sich hier in den drei Beobachtungstagen vollkommen gleich.

Die Ergebnisse stelle ich tabellarisch zusammen:

| Datum. | K. Gewicht. | Ausscheidung. | | | | Nahrung. | | Differenz der $N$ Ausscheidung und Aufnahme. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\dot{U}$ | $\bar{U}$ | Koth. | Gesammt-Gew. d. $N$ | $N$ | $C$ | |
| 4. XII. | 69490 | 30,8 | 0,77 | 44,7 | 15,8 | 15,3 | 232,8 | + 0,5 |
| 5. | 69240 | 31,9 | 0,84 | 0 | 16,4 | „ | „ | + 1,1 |
| 6. | 69780 | 36,5 | 0,79 | 175 | 18,5 | „ | „ | + 3,2 |
| 7. | 68810 | | | 27 | | | | |

Die am 4. December gelassene Kothmenge gehörte auf die Tage vor der Versuchsreihe. Im Ganzen wurden 202 Gramm Koth in den Versuchstagen entleert mit einem Gesammt-$N$-Gehalt von 4,04 Gramm; auf je einen Tag treffen demnach 1,31 Gramm $N$.

Die Betrachtung der Ergebnisse der ersten zwei Versuchstage scheint mit Bestimmtheit darauf hinzuweisen, dass auch hier ein Gleichgewichtszustand zwischen Einnahmen und Ausgaben des Körpers eingetreten sei.

Auch hier erscheint annähernd die gleiche Menge $N$ in den Excreten, die in der Nahrung eingeführt wurde.

Der Fehler nach der Plusseite ist hier etwas bedeutender als in der ersten Reihe, im Durchschnitt 0,75 Gramm.

Die am dritten Tage eingetretene Steigerung in der $N$-Ausscheidung wird mit grösster Wahrscheinlichkeit auf das fieberhafte Unwohlsein während des Versuchstages zu beziehen sein. Die Angabe der Pathologen, dass im Fieber der Stoffwechsel und dadurch die $\dot{U}$-Ausscheidung gesteigert sei, findet dadurch eine Bestätigung.

Während der zwei ersten Versuchstage wurden durchschnittlich in je 24 Stunden ausgeschieden:

| im Harne: | im Kothe: | zusammen: |
|---|---|---|
| 14,7 *N.* | 1,3 *N.* | 16,1 *N.* |
| 6,5 *C.* | 10 *C.* | 16,5 *C.* |

In der Nahrung wurden eingeführt: 15,3 *N*, 232,8 *C.*

Es bleibt demnach — wenn wir vollkommenes Gleichgewicht der Einnahmen u. Ausgaben annehmen — für die Respiration: 0 *N*, 216,3 *C.*

## Versuchsreihe Nr. III.

Anfang: den 26. Januar 1861, 9 Uhr Morgens.

Ende: den 4. Februar, 9 Uhr Morgens.

Das körperliche Befinden vor Beginn und während des Verlaufes der Versuchsreihe war vollkommen normal.

Die Bewegung so viel als möglich beschränkt, an den einzelnen Versuchstagen fast absolut gleich.

Die Witterung nass und kalt, so dass auch hier durchaus kein Schweiss bemerkt wurde. Ueber den 1. Februar siehe im Folgenden.

Die Nahrung während dieser Versuchsreihe war ziemlich zusammengesetzt, da die einfache nur aus Fleisch und Brod bestehende Kost der früheren Versuchsreihen bei längerem Fortgenusse durch Ekel die weitere Fortsetzung des Versuches unmöglich machte.

Die in der jetzt zu besprechenden Reihe in Anwendung gezogene gleichbleibende Nahrung war gut geniessbar, doch machte sich die Unannehmlichkeit geltend, dass der Versuchsfehler hier nothwendiger Weise etwas grösser ausfiel.

Vom 26. Januar bis 2. Februar war die aufgenommene Nahrung von folgender gleichbleibender Zusammensetzung:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fleisch | 250 Grm. | = 8,5 Grm. *N* | und 31,3 Grm. *C* | |
| Eier | 100 „ | = 3,5 „ „ „ | ? | |
| Brod | 400 „ | = 5,1 „ „ „ | 97,4 „ | „ |
| Kartoffeln | 150 „ | = 0,71 „ „ „ | ? | |
| Butter | 40 „ | = 0,1 „ „ „ | 67,9 „ | „ |
| Schmalz | 60 „ | | | |
| Salz | 5 „ | | | |
| Wasser | 1700 CC. | | | |

Zusammen 17,91 Grm. *N* und ? Grm. *C*,
wenigstens 196,6.

Das Verhältniss des $N$ zum $C$ in der Nahrung ist demnach grösser als 1 : 12.

Am 3. Februar wurden anstatt 250 Gramm 500 Gramm Fleisch genossen. Die übrigen Nahrungsmittel blieben in Qualität und Quantität die gleichen. Der $N$-Gehalt der Nahrung stieg dadurch auf 25,13 Gramm.

Am 4. Februar wurde wieder ein Fleischtag eingeschaltet; es wurden 1281 Gramm roh gewogenes Ochsenfleisch, mit 78 Gramm Schmalz gebraten gegessen, mit einem $N$-Gehalt von 43,55 Gramm und 208,1 Gramm $C$.

Am 5. Februar wurde noch einmal zu der Kost der ersten Versuchstage in dieser Reihe zurückgekehrt (cfr. Fleischtag Nr. 3).

In folgender Tabelle sind die Resultate zusammengestellt.

| Datum 1861. | K. Gewicht. | Ausgaben. | | | | Nahrung. | | Differenz der $N$Ausscheidung zur $N$Aufnahme. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\dot{U}$ | $\bar{U}$ | Koth. | Gesammt-Gew. d. $N$. | $N$ | $C$ | |
| 26. I. | 75170 | 41,2 | 0,9 | 231 | 21,2 | 17,91 | | + 3,29 |
| 27. | 73940 | 39,3 | 0,93 | 33+159 | 20,31 | ,, | | + 2,4 |
| 28. | 72870 | 38,1 | 0,75 | 80 | 19,72 | ,, | | + 1,81 |
| 29. | 72540 | 39,3 | 0,8 | 34 | 20,26 | ,, | | + 2,35 |
| 30. | 71910 | 38,3 | 0,94 | 45 | 19,88 | ,, | | + 1,97 |
| 31. | 71800 | 37,9 | 0,83 | 111 | 19,65 | ,, | | + 1,74 |
| 1. II. | 71710 | 37,8 | 0,78 | 114 | 19,6 | ,, | | + 1,69 |
| 2. | 71530 | 38,3 | 0,96 | 97 | 19,89 | ,, | | + 1,98 |
| 3. | 71100 | 42,7 | 1,1 | 145 | 22,85 | 25,13 | | — 2,28 |
| 4. | 71190 | 69,4 | 1,5 | 91 | 37,91 | 43,55 | | — 5,64 |
| 5. | 70110 | 49,9 | 2,2 | 49 | 25,72 | 17,91 | | + 7,81 |
| 6. | 70480 | | | 49 | | | | |
| 7. | | | | 146 | | | | |
| 8. | | | | 146 | | | | |

Am ersten Versuchstage wurden 231 Gramm Koth entleert. Sie waren durch Beeren abgegrenzt und wurden als auf die Tage vor die Versuchsreihe gehörig, entfernt. Am zweiten Tage wurden 192 Gramm ausgeschieden, davon trafen noch 33 Gramm auf die vorhergehenden Tage. In der vorliegenden Reihe wurden 795 Gramm Koth im Ganzen entleert: vom ersten bis achten Versuchstage incl. und wieder am elften. In dieser Kothmenge waren enthalten 15,3 Gramm $N$: auf einen der neun Versuchstage treffen demnach 1,7 Gramm $N$ für die Ausscheidung durch den Koth; welche Grösse bei den obigen Resultaten eingerechnet ist.

Auf den neunten Versuchstag treffen 140 Gramm Koth mit einer *N*-Menge von 2,557 Gramm.

Auf den Fleischtag 195 Gramm Koth mit 5 Gramm *N*.

Am ersten Versuchstage bemerken wir eine ziemlich bedeutende *N*-Mehrausscheidung, 3,2 Gramm. Der Körper gab hier wahrscheinlich noch *N* her, es war also etwas zu wenig *N* gegeben. In den folgenden sieben Tagen findet sich zwar ebenfalls eine Mehrausscheidung im Durchschnitte von 1,99 Gramm *N*, jedoch stimmen die Resultate so genau mit einander überein, dass wir annehmen dürfen, es sei hier ein vollkommenes Gleichgewicht in Einnahmen und Ausgaben eingetreten. Der Fehler nach der Plusseite muss auf die Bestimmungsmethoden geschoben werden.

Wir sehen auch an dieser Reihe, dass bei einer den Körper vollkommen ernährenden Kost in den Excreten kein Deficit an *N* auftritt gegenüber dem *N*-Gehalte der eingeführten Nahrung.

Zu der vorstehenden Reihe bemerken wir zweimal, am neunten und zehnten Versuchstage ein ziemliches Deficit, welches noch um so grösser erscheint, wenn wir bedenken, dass in den Bestimmungsmethoden ein Fehler nach der Plusseite sich geltend macht.

Beide Male sehen wir dieses Deficit eintreten im Gefolge einer nicht unbedeutenden Steigerung des Fleischgehaltes der Nahrung: den neunten Tag um 250 Gramm Fleisch zur früheren Kost, den zehnten bei 1281 Gramm Fleisch.

Wir nahmen im Vorgehenden an, dass in den ersten acht Tagen die eingeführte Nahrung genau hingereicht habe, um den Stoffwechselverlust zu decken. Es fragt sich, was muss unter diesen Verhältnissen eine Steigerung des Eiweisses in der Nahrung zur Folge haben, wenn die Möglichkeit für den Darm, eine weitere Nahrungsmenge zu verdauen, vorhanden ist.

Es erscheint nur von vorne herein nach den Beobachtungen am Fleischfresser äusserst wahrscheinlich, anzunehmen, dass unter solchen Verhältnissen ein Theil des überschüssig zugeführten und verdauten Eiweisses im Körper angesetzt werde, der Körper dadurch an Eiweiss reicher werden würde.

Im concreten Falle sehen wir eine überschüssige *N*-Menge zugeführt, wir dürfen demnach erwarten, dass ein Theil derselben unge-

braucht im Körper zurückgehalten werden würde: wir sehen in Wahrheit ein Deficit von 2,38 Gramm *N* in den Excreten auftreten.

Eine noch weitere Steigerung der *N*-Zufuhr hatte wieder ein Deficit von 5,64 Gramm zur Folge, am zehnten Tage.

Der Körper ist also nach diesen Voraussetzungen am Ende des zehnten Versuchstages reicher an *N* geworden als die Tage vorher; es ist dann nach den Erfahrungen von Bischoff und Voit zu erwarten, dass er am elften Tage auch eine grössere Menge *N* haltiger Zersetzungsproducte liefern werde als vorhin. Es wird darum eine Nahrung, die vorhin hingereicht hat, allen *N*-Verbrauch des Körpers zu ersetzen, jetzt nicht mehr hinreichen: es wird ein ziemlich bedeutendes *N*-Mehr in den Excreten sich finden müssen im Verhältniss zur *N*-Einfuhr.

Am elften Versuchstage, an welchem nach vorausgegangener übermässiger Fleischkost wieder die Nahrung der ersten Versuchstage gegeben wurde, sehen wir ein *N*-Plus in den Excreten von 7,81 Gramm, also ganz in Uebereinstimmung mit den Erfahrungen von Bischoff und Voit am Fleischfresser.

Die Ansicht, dass der *N* vielleicht als $\dot{\dot{U}}$ im Blute zurückgehalten worden sei und dann am folgenden Tag erst ausgeschieden, scheint mir darum geringen Anspruch auf Wahrscheinlichkeit zu haben, da in den eben besprochenen Versuchstagen durchaus sich nicht das Maximum der für den Menschen möglichen $\dot{\dot{U}}$-Ausscheidung findet.

Mir scheint das Factum, dass auf Steigerung der Fleischzufuhr ein *N*-Deficit in den Excreten eingetreten ist, ein Beweis für die Richtigkeit der Annahme, dass in Wahrheit in vorstehender Reihe ein Gleichgewichtszustand zwischen Bedürfniss und Zufuhr stattgefunden habe.

Noch verdient der siebente Versuchstag, der 1. Februar, eine eingehendere Besprechung.

Er wurde dazu benutzt, um den Einfluss eines bedeutenden Verlustes an Schweiss auf die *N*-Ausscheidung durch Darm und Nieren zu prüfen.

Den 7. 5 Uhr 20 Minuten Nachmittags wurde ein Kastendampfbad genommen.

Nackendgewicht vor dem Bade 73330 Gramm. Das Sitzen im Dampfbade währte 17 Minuten.

Nackendgewicht nach dem Bade 72050 Gramm.

Es hat also während der 17 Minuten im Bade eine Gewichtsabnahme von 1280 Gramm stattgefunden, welche Gewichtsabnahme zum grossen Theil wenigstens auf Schweissverlust zu beziehen ist.

Diese gewiss nicht unbedeutend zu nennende Schweissausscheidung zeigte sich auf die $N$-Ausscheidung im Harne von keinem erkennbaren Einflusse.

Am Tage vor dem Schwitzversuche wurden 17,95 Gramm, am Schwitztage 17,86 Gramm, am folgenden Tage 18,19 Gramm $N$ im Harne ausgeschieden.

Wäre trotzdem, dass im Harne keine Wenigerausscheidung von $N$ erschien, der Körper doch noch durch einen Harnstoffverlust durch den Schweiss erheblich $N$-ärmer geworden, so hätten wir für den folgenden Tag eine $N$-Minderausscheidung zu erwarten gehabt. Dass dies nicht der Fall ist, lehren die angegebenen Zahlen.

Es scheint demnach, dass in dem vorliegenden Falle nur sehr wenig $N$ als Harnstoff im Schweisse verloren gegangen sein könne.

Nach den gewöhnlichen zur Entdeckung des Harnstoffs angewendeten Methoden war es auch unmöglich, nur Spuren desselben in der freilich nur geringen zu Gebote stehenden Schweissmenge aufzufinden.

Eine Portion Schweiss wurde während des Dampfbades in einem luftdicht schliessenden Kautschukbeutel, der am Vorderarm befestigt war, aufgefangen, 21 CC.

Der aufgefangene Schweiss zeigte sich etwas trübe, wohl vom Beutel herrührend, und wurde darum filtrirt und eingedampft. Im alkoholischen Auszuge zeigte sich eine reichliche Menge von Krystallen, welche sich unter dem Mikroskope leicht als Kochsalzkrystalle erkennen liessen. Eine kleine Menge davon in Wasser gelöst, gab mit Arg. nitr. einen dicken, käsigen, in $NO_5$ unlöslichen Niederschlag: Chlor.

Von dem alkoholischen Extracte wurden zwei Proben untersucht. Die eine wurde mit Salpetersäure, die andere mit Oxalsäure versetzt. Bei beiden entstand keine merkliche Trübung.

Beide Proben wurden auch mit dem Mikroskope sorgfältig geprüft, es fanden sich aber keine Krystalle, welche sich als Harnstoffverbindungen hätten deuten lassen.[1])

1) Funke, Moleschott's Untersuchungen, Bd. III.

Anders als der Harnstoff verhielt sich das Kochsalz. Vor dem Schwitztage wurden bei täglich gleichbleibender Kochsalzaufnahme 9,07 Gramm; am Tage nach dem Schwitzversuche 10,19 Gramm; an jenem Tage selbst nur 6,8 Gramm Kochsalz entleert im Harne.

Zum Schlusse stelle ich wie bei den beiden ersten Reihen die Durchschnittsresultate zusammen.

Vom zweiten bis achten Versuchstage incl. wurden durchschnittlich in je 24 Stunden ausgeschieden:

| im Harne: | im Kothe: | zusammen: |
|---|---|---|
| 18,2 *N*. | 1,7 *N*. | 19,9 *N*. |

In der Nahrung wurden eingeführt: 17,91 *N*.

## Versuchsreihe Nr. IV.

Anfang: den 15. Juni 1861, Morgens 9 Uhr,
Ende: den 23. Juni, Morgens 9 Uhr.

Während der acht Beobachtungstage dieser Reihe blieben sich die eingeführten Nahrungsmengen vollkommen gleich mit Ausnahme des 21. Juni, an welchem keine Nahrung eingenommen wurde.

Die Nahrung bestand in Folgendem:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 250 | Grm. | Fleisch | = 8,5 | Grm. | *N* und | 31,8 | Grm. | *C* |
| 400 | „ | Brod | = 5,1 | „ | „ „ | 97,44 | „ | „ |
| 70 | „ | Stärke | = 0 | „ | „ „ | 26,05 | „ | „ |
| 70 | „ | Eier-Eiweiss | = 1,52 | „ | „ „ | 5,99 | „ | „ |
| 70 | „ | Schmalz | = 0,1 | „ | „ „ | 67,94 | „ | „ |
| 30 | „ | Butter | | | | | | |
| 10 | „ | Salz | | | | | | |
| 2100 | CC. | Wasser. | | | | | | |
| | | Zusammen | 15,22 | Grm. | *N* u. | 228,7 | Grm. | *C*. |

Das Verhältniss des *N* zum *C* in der Nahrung ist wie 1 : 15.

Die Resultate der Untersuchung giebt die Tabelle.

| Datum 1861. | K. Gewicht. | Ausscheidung. | | | | Nahrung. | | Differenz der *N* Ausscheidung und *N* Aufnahme. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\dot{U}$ | $\bar{U}$ | Koth. | Gesammtgewicht der *N* Ausscheid. | Gesammtgewicht von *N* | *C* | |
| 15. VI. | 74910 | 35,5 | 0,58 | 100 | 17,88 | 15,22 | 228,72 | + 2,66 |
| 16. | 74540 | 30,7 | 0,70 | 40 | 15,67 | „ | „ | + 0,45 |
| 17. | 73990 | 32,6 | 0,95 | 129 | 16,64 | „ | „ | + 1,42 |
| 18. | 74110 | 32,1 | 0,5 | 158 | 16,25 | „ | „ | + 1,03 |
| 19. | 73600 | 31,3 | 0,73 | 0 | 15,96 | „ | „ | + 0,74 |
| 20. | 74110 | 31,0 | 0,6 | 109 | 15,78 | „ | „ | + 0,56 |
| 21. | 73590 | 22,28 | 0,033 | 0 | 10,4 | 0 | 0 | |
| 22. | 72350 | 29,3 | 0,6 | 0 | 14,98 | 15,22 | 228,72 | + 0,24 |
| 23. | 72290 | | | 184 | | | | |

Die am 15. und 16. Juni gelassenen 140 Gramm Koth warden, durch Beeren abgegrenzt, als auf die Tage vor der Versuchsreihe gehörig weggeworfen.

In den auf die vorliegende Versuchsreihe treffenden 608 Gramm frischen Kothes fanden sich 157,65 Gramm fester, wasserfreier Substanz mit einem *N*-Gehalt von 5 %. Demnach wurden im Kothe ausgeschieden 7,88 Gramm *N*. Auf einen der sieben Beobachtungstage treffen demnach 1,12 Gramm *N* im Kothe. Diese Zahl wurde bei der Gesammtmenge des ausgeschiedenen *N* an jedem Tage zugerechnet.

Vom zweiten Versuchstage an sehen wir das Gleichgewicht zwischen Aus- und Einfuhr des *N* hergestellt. Auch in dieser Reihe findet sich annähernd eine gleiche Menge *N* in den 24stündigen Excreten des Körpers, als in der Nahrung eingeführt wurde.

Der Beobachtungsfehler liegt auch bei den Resultaten dieser Versuchsreihe auf der Plusseite, obwohl hier die Nahrung weit leichter und sicherer chemisch zu charakterisiren war als in der letztbesprochenen Reihe. Doch ist der Beobachtungsfehler viel geringer. Er beträgt vom zweiten Tage an gerechnet: 0,84 Gramm *N* mehr in 24 Stunden.

Am Hungertage, den 21. Juni, sehen wir die ausgeschiedene *N*-Menge um 5 Gramm sinken. Es wurden 10,4 Gramm *N* ausgegeben. Beziehen wir diese *N*-Menge auf eine Albuminzersetzung im hungernden Körper, so entspricht sie 54,45 Gramm trockenen Albumins. Um dieses Gewicht wurde demnach der hungernde Organismus eiweissärmer in den beobachteten 24 Stunden.

Den Tag nach dem Hunger wurde wieder die Kost der ersteren Versuchstage dieser Reihe genommen. Das a priori nach den Untersuchungen von Bischoff und Voit hierbei zu erwartende *N*-Deficit in den Excreten — der Körper ist nach dem Hunger *N*-ärmer und liefert darum weniger *N*-haltige Zersetzungsproducte — trat ein. Es beträgt absolut nur 0,24 Gramm *N* in den beobachteten 24 Stunden. Mit Zuschlag des Durchschnitts-Beobachtungsfehlers von 0,84 Gramm jedoch beläuft es sich auf 1 Gramm *N*.

Die vorliegende Versuchsreihe ist darum noch ganz besonders von Werth, da in ihr auch der in der Respirationsluft enthaltene *C* direct mit dem Apparate des Herrn Professor Petten-

kofer bestimmt wurde; und zwar am fünften Versuchstage, den 19. Juni 1861.

Wenn wirklich ein Gleichgewichtszustand im Organismus zwischen Aufnahme und Ausgabe eingetreten ist, so ist es unbedingt nothwendig, dass sich in den Excreten nicht nur soviel *N* wiederfinden lassen müsse, als in der eingeführten Nahrung enthalten war, sondern ebenso auch der *C*. Auf diese Weise besitzt man in der Bestimmung des einen Elementes eine Controle für die Bestimmung des andern.

Ist unsere Annahme richtig, dass in unseren Reihen dann ein vollkommener Gleichgewichtszustand zwischen Zufuhr und Bedarf eingetreten sei, wenn das Gewicht des in den Excreten gefundenen *N* mit dem in der Nahrung enthaltenen übereinstimmt: so ist es nöthig, dass wir im Stande sind, in den Excreten auch eine der eingenommenen Nahrung entsprechende *C*-Menge wieder zu finden. Ich gebe die Ergebnisse der Bestimmung in folgender kleinen Tabelle: [1])

| Einnahmen: | *N* | *C* |
|---|---|---|
| In der Nahrung: | 15,22 | 228,72 |
| **Ausgaben:** | | |
| Im Harne: | 14,94 | 6,52 |
| Im Kothe: | 1,12 | 10,6 |
| In der Respiration: | 0 | 207,0!! |
| Zusammen: | 15,96 | 224,6, |

Wir sehen, das Resultat stimmt in einer Weise überein, wie man es bei so complicirten Verhältnissen, wie sie bei der Ernährung des Menschen statthaben, kaum erwarten dürfte.

Der Fehler der *N*-Bestimmung beträgt 4,8 %.

Der Fehler der Kohlenstoff-Bestimmung nur 2 %.

Ich glaube durch diesen Versuch für den Menchen den Beweis geliefert zu haben, dass, wenn ebensoviel *N* in den Excreten aufzufinden ist, als in der Nahrung gegeben wurde, ein wahrer Gleichgewichtszustand zwischen Aufnahme und Ausgabe eingetreten sei; dass dann auch der *C* der Excrete genau dem der eingeführten Nahrung entspricht.

Zum Schlusse gebe ich auch bei dieser Reihe noch die Durchschnittszahlen der Einnahme und Ausgabe an den einzelnen Versuchstagen.

---

1) Man sehe nach in der Haupttabelle dieser Reihe S. 249.

In dieser Reihe wurden in je 24 Stunden ausgeschieden:

| im Harne: | im Kothe: | zusammen: |
|---|---|---|
| 14,9 Grm. *N.* | 1,12 Grm. *N.* | 16,3 Grm. *N.* |
| 6,5 „ *C.* | 10,7 „ *C.* | 17,2 „ *C.* |

In der Nahrung wurde gegeben:

15,22 Grm. *N* und 228,72 Grm. *C.*

Es bleiben demnach für die Respiration nach unserer Annahme des Gleichgewichts:

0 Grm. *N* und 211,5 Grm. *C.*

Gefunden wurde am 19. Juni in der Respirationsluft:

207 Grm. *C.*

## § 3.

## Resultate.

Aus den hier mitgetheilten vier Versuchsreihen ergiebt sich:

1. Es ist bei einer gewissen Nahrung unter Bedingungen, die Bischoff und Voit für den Fleischfresser zuerst festgestellt haben, möglich, die *N*-Ausscheidung des Organismus so zu regeln, dass in den Excreten — Harn und Koth — nicht weniger *N* in 24 Stunden ausgeschieden wird, als während dieser Zeit in der Nahrung zugeführt wurde.

Erst mit dem Beweise dieses Satzes werden Ernährungsuntersuchungen am Menschen analog den von Bischoff und Voit angestellten möglich. Bei allen künftig an anderen Individuen anzustellenden derartigen Untersuchungen scheint mir vorerst der Beweis geliefert werden zu müssen, dass dies gelungen sei, ehe Schlüsse aus der ausgeschiedenen Harnstoffmenge auf die Vorgänge des Stoffwechsels gemacht werden.

2. Das Gleichgewicht in der *N*-Aufnahme und Ausgabe findet bei dem Menschen, wie dies Bischoff und Voit für den Fleischfresser nachgewiesen, erst dann statt, wenn nicht nur der *N*- sondern auch der *C*-Verbrauch des Organismus während der Versuchszeit vollkommen gedeckt ist. Mit dem Verhältnisse des *C* und *N* in der Nahrung schwankt bis zu einer gewissen Grenze die *N*-Ausscheidung in der Art, dass mit einer Mehrzufuhr von *C* die *N*-Ausscheidung abnimmt. — cfr. Versuch Nr. I.

3. Die directe $C$-Bestimmung im Pettenkofer'schen Apparate ergab für einen Versuchstag, an welchem nach meinen Annahmen das Gleichgewicht zwischen $N$-Zufuhr und Ausgabe eingetreten war, für den in der Respirationsluft während 24 Stunden ausgeschiedenen $C$ das Gewicht von 207 Gramm.

Das $C$-Gewicht der Nahrung in den anderen Reihen mit Gleichgewicht der $N$-Aufnahme und Ausgabe lässt der Rechnung nach ganz ähnliche $C$-Grössen in der Respiration ausgegeben werden.

Für die erste Reihe berechnet sich für die $C$-Abgabe durch Haut und Lungen ein Gewicht von 205 Grm., für die zweite von 216 Grm.

Wir dürfen daraus annehmen, dass der Körper eines Individuums wie das hier zur Untersuchung benutzte bei gemischter Kost in 24 Stunden im Mittel etwa 210 Gramm $C$ bei Körperruhe ausscheidet, dass er demnach in diesem Zustande einer Nahrungsmenge bedarf, welche ihm diese $C$-Menge für die Respiration zu liefern im Stande ist.

Diese Annahme findet durch einen unten angeführten Versuch Bestätigung, bei welchem bei der unbestimmten, gewöhnlichen gemischten Kost der höheren Stände in 24 Stunden die directe $C$-Bestimmung 215,7 Gramm ergab.

Aehnliche Werthe finden auch Scharling und Smith, während Barral 335 Gramm $C$ in der Respiration berechnet. Letzterer Beobachter findet in den Excreten ein $N$-Deficit von 50%, was mit meinen Beobachtungen demnach ebenfalls schlecht stimmt.

4. Zur Erreichung eines Gleichgewichtszustandes zwischen Nahrung und Ausfuhr ist kein constantes Verhältniss von $N$ und $C$ in der Nahrung erforderlich.

In den vorliegenden Reihen ist dies Verhältniss in Nr. I wie 1 : 11, in Nr. II. wie 1 : 15.

Es bestätigt dies den am Hunde gefundenen Satz, dass sich der Organismus auch des Menschen mit der gereichten Nahrung ins Gleichgewicht zu setzen vermag. Dieser letztere Satz wird ebenfalls durch die Anfangs-Beobachtungen einer jeden Versuchsreihe mit Ausnahme der zweiten, in welcher von vorne herein das richtige Verhältniss der Nahrung zum Körperzustand getroffen war, bestätigt.

Bei ungenügender Nahrung, mag es an $N$ oder $C$ fehlen, findet sich ein $N$-Ueberschuss in den Excreten gegenüber den Einnahmen — cfr. Reihe Nr. I, 1—4. Tag —, wie dies ebenfalls von Bischoff und

Voit am Hunde gesehen wurde. Nicht nur die Menge des Eiweisses, sondern auch des Fettes und der Kohlehydrate bestimmt den Umsatz; mehr Fett und Kohlehydrate setzen den Umsatz von *N* herab.

Zum Schlusse dieser Abtheilung meiner Untersuchung scheint es noch wünschenswerth, einige Auskunft darüber zu erhalten, aus welchen Gründen wohl der scheinbare Ueberschuss der *N*-Ausscheidung gegenüber der *N*-Aufnahme in der Nahrung sich erklären möge.

Zuerst ist hier daran zu erinnern, dass in den Bestimmungsmethoden der *N*-Zufuhr, so genau sie auch immer sein mögen, doch eine niemals verschwindende Fehlergrenze existirt, welche die Resultate bis zu einem gewissen Grade zu alteriren im Stande ist.

Das in den drei letzten Reihen constant sich zeigende Plus in der *N*-Ausscheidung zeigt sich in den Gleichgewichtstagen der ersten Reihe nicht. Es scheint dies ein Beweis dafür zu sein, dass hier, wo nicht dieselbe Sorgfalt auf das Ausschneiden des Fleisches verwendet wurde wie später, die *N*-Zufuhr im Fleische etwas zu gross angenommen worden sei, indem in demselben wohl gewiss noch etwas Fett enthalten war, was als Fleisch in Rechnung gezogen wurde.

Später wurde das Fleisch mit der äussersten Sorgfalt ausgeschnitten. Es scheint wohl möglich, dass während der Stunden, die hierzu erforderlich waren, die Fleischstückchen nicht ganz unbedeutend an Wasser verloren haben, so dass bei dem schliesslichen Wägen ein Fleisch von mehr trockener Substanz vorhanden war, als in die Rechnung eingesetzt wurde. Es würde dadurch eine etwas grössere *N*-Menge in den Organismus eingeführt worden sein, als der Annahme entspricht.

Zu diesen Fehlerquellen in der *N*-Bestimmung der aufgenommenen Nahrung kommen noch solche in der *N*-Bestimmung in den Excreten hinzu.

Zu der Harnstoffbestimmung wurde die Liebig'sche Titrirmethode angewendet. Wie dies näher in den analytischen Belegen sich dargelegt findet, ergiebt diese Methode, jedoch gegenüber den direct durch Verbrennen mit Natronkalk erhaltenen Resultaten ein freilich sehr geringes, doch nicht verschwindendes Plus, indem sich dasselbe bis auf 0,65 Grm. unter ungünstigen Verhältnissen in 24 Stunden zu steigern vermag.

Die Titrirmethode selbst erzielt auch nicht vollkommen constante Resultate.

Jeder, der mit Ueberlegung und Genauigkeit Harnstoffbestimmungen nach der Liebig'schen Methode gemacht hat, weiss, dass, so gross sie ist, die Genauigkeit der Methode doch ihre Grenze besitzt.

Die Geschicklichkeit der Untersucher mag verschieden sein. Bei meinen Untersuchungen war ich nur auf 0,2—0,3 CC. der zur Bestimmung verwendeten titrirten Quecksilberlösung genau.

Die einzelnen Proben einer einzigen zur Harnstoffbestimmung zugerichteten Harnmenge geben fast absolut übereinstimmende Resultate. Die Zurichtung verschiedener Harnmengen führt jedoch trotz aller angewendeten Sorgfalt die angegebene Fehlergrösse herbei.

Der Fehler erscheint verschwindend klein. Bedenkt man jedoch, dass die Harnstoffbestimmungen in nur 10 CC. des Harnes gemacht werden, dass aus der hierbei gefundenen Zahlengrösse auf die ganze Harnmenge gerechnet wird, so sehen wir, dass der Fehler sich bedeutend zu steigern im Stande sein muss, da ja in 24 Stunden der Mensch eine ziemlich grosse Harnmenge entleert.

In dem statt vieler in den analytischen Belegen angeführten Versuche betrug die in 24 Stunden ausgeschiedene Harnmenge 3150 CC. Der Fehler 0,3 CC. wird demnach mit 315 multiplicirt; er beträgt auf die ganze Harnmenge berechnet, 94,5 CC. und, da 1 CC. der in den Versuchen verwendeten Quecksilberlösung 0,1185 Gramm Harnstoff entsprach, 1,12 Gramm $\overset{+}{U} = 0{,}522$ Gramm $N$.

Da die Harnstoff-Titrirmethode, wie alle Titrirmethoden, dem Principe nach einen minimalen Ueberschuss ergeben muss, liegt dieser Fehler auf der Plusseite.

Auch das Vorkommen von Kochsalz bedingt einen scheinbaren Ueberschuss in der Harnstoffbestimmung im Menschenharne, auch wenn es von der Harnstoffbestimmung mit Silberlösung ausgefällt worden ist, da man nicht bis an die äusserste Grenze der Chlorfällung gehen darf und doch jeder Rest von Kochsalz die Bestimmung des Harnstoffes etwas zu gross ausfallen lässt.

Wir dürfen uns darum nicht wundern, wenn wir bei der grössten Genauigkeit in Anstellung der Bestimmungen, oder vielleicht gerade deswegen, einem kleinen Fehler nach der Plusseite begegnen.

## Zwölftes Capitel.

## Die täglichen Kohlenstoff- und Stickstoffausscheidungen des menschlichen Organismus unter dem Wechsel der Ernährungsbedingungen bei Muskelruhe.

### § 1.

### Versuchsplan.

Die Untersuchungen des vorigen Capitels haben ergeben, dass auch bei dem Menschen der Harnstoff als Maass des Stoffumsatzes gelten kann; dass wir unter bestimmten Verhältnissen im Stande sind, in Harn und Koth soviel Stickstoff dem Gewichte nach wiederzufinden, als in der Nahrung gegeben wurde.

Mit dem Beweise dieses Satzes ist jedoch unsere Aufgabe noch nicht gelöst.

Wir haben, nachdem wir nun sicher sind, dass auf keinem anderen als den beiden von uns untersuchten Wegen eine erhebliche Stickstoffmenge den Körper uncontrolirt verlässt, dass sich also hierin die bisher exact, nach gleicher Methode untersuchten Organismen gleich verhalten, noch zu beweisen, dass auch in den übrigen Ernährungs- und Ausscheidungsvorgängen eine derartige Uebereinstimmung existirt.

Erst wenn wir diesen Satz erwiesen haben, können wir uns unserer Hauptaufgabe zuwenden.

Glücklicher Weise wird es nicht mehr nöthig sein, die Untersuchung in dem Maasse auszudehnen, als es bei der erstmaligen exacten Erforschung der Ernährungsgesetze — am Fleischfresser — nöthig war. Es wird genügen, nur die dort gefundenen wichtigsten Hauptfragen einer Prüfung für unser Versuchsobject zu unterwerfen, um

beurtheilen zu können, ob die Ernährungsverhältnisse hier und dort in Uebereinstimmung sich befinden.

Gehen wir sogleich zur Darlegung der angestellten Versuche selbst über.

## § 2.

## Hunger.

Zur richtigen Beurtheilung der Beeinflussung, welche der Organismus durch den Wechsel mit verschiedenen Nahrungsmitteln erfährt, erscheint es wünschenswerth, denselben vorerst in dem Zustande möglichst vollkommener Unabhängigkeit von diesen Einflüssen der Beobachtung zu unterwerfen.

Wir dürfen wohl unbedenklich annehmen, dass wir während des ersten Hungertages noch einen normalen Organismus mit Ausschluss der gewöhnlichen Nahrungseinflüsse allein unter der Beeinflussung seiner animalen Functionen und der äusseren Lebensreize vor uns haben. Die inneren und die nach aussen wirkenden animalen Thätigkeiten haben hier noch ihren ungestörten Fortgang und selbst die psychische Stimmung — bei Gesunden wohl der feinste Fühlhebel der schwankenden körperlichen Zustände — zeigt sich noch äusserst wenig alterirt.

Wir dürfen annehmen, dass unter solchen Verhältnissen die aus dem inneren Zustande des Organismus nöthigen Substanz-Zersetzungen vor sich gehen; dass wir den absolut nöthigen Minimalwerth des Stoffverbrauches für das betreffende Individuum in seinem dermaligen Körperzustande erfahren werden.

### Hungerversuch Nr. I.

Anfang: den 22. November, Mittags 12½ Uhr,
Ende: den 23. November, Mittags 12½ Uhr.

Den 21. November, Abends 5 Uhr, wurde die letzte Nahrung eingenommen. Den 22., Mittags 12½ Uhr begann der Versuch, 19½ Stunde nach der letzt vorhergegangenen Nahrungsaufnahme.

Das körperliche Befinden vollkommen normal; kein Schwächegefühl. Die Zimmertemperatur betrug im Durchschnitt 19,5° C. Während der Nacht der Schlaf unruhig; am 23. Morgens stellte sich Schwere im Kopf, Magendrücken und ziemliches Schwächegefühl ein.

Am Schlusse des Versuches waren 43½ Stunden seit der letzt vergangenen Nahrungsaufnahme verstrichen.

Vor dem Beginn des Versuches war eine Kothentleerung eingetreten, so dass nur noch ein geringes Kothquantum von der letzt vergangenen Mahlzeit her im Darme vorausgesetzt werden durfte. Den 24. wurden 27 Gramm, auf den Tag vor dem Hunger bezüglichen Kothes entleert.

Im Folgenden stelle ich die Beobachtungen während des Versuchstages tabellarisch zusammen.

| Datum. | Grm. K. Gew. | CC. Wasser. | CC. Harn. | Grm. Harnsäure. | Grm. Harnstoff. | Grm. Koth. | Grm. *C* in Respirat. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22. XI. | 69670 | 250 | 750 | 0,236 | 17,025 | 0 | 187 [1] |
| 23. | 68540 | | | | | 0 | |
| 24. | | | | | | 27 | |

Das Körpergewicht während des Hungertages fiel, da von beiden Gewichten 27 Gramm als nicht eigentlich zum Körper gehörig abgezogen werden müssen, von 69643 auf 68513 Gramm: eine Gewichtsabnahme von 1130 Gramm.

Zur näheren Analyse des Gewichtsverlustes, zur Bestimmung, welchen Antheil die Hauptkörperbestandtheile an demselben genommen haben, benutzen wir die im Harne ausgegebene *N*-Menge zur Berechnung der umgesetzten *N*-haltigen Körperbestandtheile. Aus der *C*-Menge der Excrete berechnen wir die zersetzten *N*-freien Körperstoffe.

Da wir das Eiweiss als den vorzüglichsten Repräsentanten der im thierischen Organismus zur Zersetzung kommenden *N*-haltigen Körperbestandtheile betrachten dürfen, so rechnen wir den ausgeschiedenen *N* auf trockenes Albumin nach der Formel von Mulder.

17,025 Harnstoff und 0,236 Harnsäure enthalten zusammen 8,024 Gramm *N*, entsprechend 50,688 Gramm Albumin. Diese Eiweissmenge besitzt einen *C*-Gehalt von 27,796 Gramm. Im Harne wurden entleert: 3,649 Gramm. Es bleiben demnach von dem zersetzten Eiweiss noch 24,15 Gramm *C* übrig, welche nicht in dem Harne entleert wurden. Die *C*-Ausscheidung in der Respiration zu 180,85 Gramm

1) Die Zahl wurde gefunden, als der Apparat noch etwas zu grosse Resultate ergab. Ich nehme im Folgenden die Mittelzahl 180,85 als richtig an.

angenommen, bleiben durch die Eiweisszersetzung noch ungedeckt 156,7 Gramm *C*, welche also von zersetzten *N*-freien Körperstoffen geliefert sein müssen. Rechnen wir auf Menschenfett nach der von Chevreul aufgestellten Formel[1]), so entspricht die *C*-Menge einem Fettverbrauche von 198,1 Gramm.

Der Verlust an Albumin und Fett beträgt zusammen 50,688 + 198,1 = 248,79 Gramm; der Gewichtsverlust im Ganzen jedoch 1130 Gramm; der Ueberschuss von 881,21 Gramm Verlust bezieht sich zum beiweitem grössten Theile auf Wasserabgabe. Es tritt nur noch eine kleine Correctur — 7,74 Gramm — für die im Harne ausgeschiedenen Extractivstoffe und Salze ein.

Folgende Tabelle stellt diese Verhältnisse übersichtlich zusammen. Die Ausgaben als das hier direct Bestimmte stelle ich voran und lasse den aus jenen berechneten Körperverbrauch folgen.

| Ausgaben. | | | Einnahmen. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *N* | *C* | | *N* | *C* |
| 17,025 Harnstoff | 7,9455 | 3,5654 | 50,688 Gr. Albumin | 8,024 | 27,796 |
| 0,236 Harnsäure | 0,0786 | 0,0843 | 198,1 - Fett | — | 156,7 |
| In der Respiration | — | 180,85 | | | |
| zusammen | 8,024 | 184,5 | zusammen | 8,024 | 184,5 |

Bei einem Mittelgewicht von 69,08 Kgrm. berechnet sich für 1 Kgrm. in 24 Stunden ein Verbrauch von:

0,116 Gramm *N* und 2,67 Gramm *C*.

Das Verhältniss des *N*-Verbrauches zu dem Verbrauche an *C* beträgt: 1 : 23.

## Hungerversuch Nr. II.

Anfang: den 21. Juni 1861, 9 Uhr Morgens,
Ende: den 22. Juni, 9 Uhr Morgens.

Den 21. Juni wurde in eine anderweitige Versuchsreihe ein Hungertag eingeschoben.

Der Versuch begann 9 Uhr Morgens den 21., nachdem den Abend des vorhergehenden Tages um 4 Uhr zum letzten Male Nahrung ge-

1) Liebig, Thierchemie.

nommen worden war. Zwischen dem Beginne des Versuchs und der letzten Nahrungsaufnahme liegen 17 Stunden.

Bei Beginn der Untersuchung war das Befinden vollkommen normal. Die äussere Temperatur betrug im Schatten im Durchschnitte 25,4° C., wobei das Hitzegefühl sehr drückend war. Während des Tages blieb das Befinden ungestört. Nachts ruhiger Schlaf. Morgens ist der Kopf etwas eingenommen, Mattigkeit und etwas Zittern. Eine geringe Menge getrunkenen Wassers erregte lebhaftes Uebelsein. Am Ende des Versuches sind 41 Stunden seit der letztvergangenen Nahrungsaufnahme verstrichen.

Während des Versuches wurden vergleichende Temperatur- und Pulsbeobachtungen angestellt, erstere in der Mundhöhle. Folgende Tabelle giebt die beobachteten Zahlen.

Puls- und Temperatur-Beobachtungen.

| Beobachtungszeit. | Aeussere Temperatur nach °C. | Körpertemperatur nach °C. | Pulsfrequenz. |
|---|---|---|---|
| 9 Uhr früh 21. | 23,4° | 37,4° | 88 |
| 12 | 25,3° | 37,1° | 66 |
| 3 | 27,6° | 37,3° | 66 |
| 6 | 26,3° | 36,9° | 64 |
| 9 Uhr Abend. | 25,0° | 37,1° | 60 |
| 9 Uhr früh 22. | 24,5° | 36,8° | 80 |
| Im Mittel | 25,4° | 37,1° | 71 |

Auffallend erscheinen die höheren Körpertemperatur- und Pulszahlen am Morgen des Beobachtungstages, was wohl auf Rechnung der mit dem Sich-Einsperren in den Respirationsapparat nothwendig verknüpften Aufregung zu setzen sein wird. Im Uebrigen sehen wir eine ziemliche Constanz mittlerer Verhältnisse; die an anderen Tagen während der Verdauungsperiode sich zeigende Temperatur- und Pulssteigerung findet sich bei Hunger natürlich nicht.

Folgende kleine Tabelle enthält die sonstigen Untersuchungsergebnisse.

| Datum. | K. Gewicht | getr. Wasser. CC. | Harn. CC. | $\dot{t}$ | $\bar{u}$ | Koth. | $C$ der Respirat. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21. VI. | 73590 | 2100 | 2234 | 22,28 | 0,033 | 0 | 180,8 |
| 22. | 72354 | | | | | 0 | |
| 23. | | | | | | 184 | |

Von den 184 Gramm Koth, welche den 23. entleert wurden, fallen, durch die Beerenabgrenzung bezeichnet, 97 Gramm auf die Tage vor dem Hungerversuche; diese Zahl ist also von den beiden oben angegebenen Körpergewichtszahlen abzuziehen. Die wahren Gewichte sind demnach 73493 als Anfangs-, 72253 Gramm als Endgewicht. Die durch die Nahrungsenthaltung während der 24 Beobachtungsstunden erzeugte Gewichtsabnahme ist hiernach 1240 Gramm.

Zur Analyse des Verbrauches an den einzelnen Körperbestandtheilen dient wie oben der durch den Harn ausgeschiedene $N$ und die theils dort, theils in der Respiration direct gefundene $C$-Menge.

In 22,28 Gramm $\dot{\bar{U}}$ — und 0,033 Gramm $\bar{U}$ — wurden 10,4 Gramm $N$ ausgeschieden, welche einer umgesetzten Albuminmenge von 65,7 Gramm entsprechen. Der $C$-Gehalt dieser Albuminmenge beträgt 36,029 Gramm. Im Harze wurden 4,46 Gramm $C$ ausgeschieden; diese von der vom zersetzten Eiweisse gelieferten $C$-Menge abgezogen, bleiben noch für die Respiration 31,57 Gramm $C$. Die directe $C$-Bestimmung in der Athemluft ergab 180,8 Gramm. Die weiteren, im zersetzten Eiweisse nicht enthaltenen 149,23 Gramm $C$ entsprechen 188,9 Gramm Menschenfett.

Der Verlust an Salzen war an dem vorliegenden Beobachtungstage ein ziemlich auffallender. Es wurden 11 Gramm Kochsalz entleert, obwohl natürlich keines aufgenommen wurde. Sollte mit dieser enormen Kochsalzausscheidung wohl die grosse Harnmenge zusammenhängen?

Die berechneten Albumin- und Fettmengen reichen beiweitem nicht hin, um daraus alle Gewichtsabnahme — 1240 Gramm — zu erklären, der Rest ist demnach auf Wasserverlust zu beziehen. Dies ist um so auffallender, wenn man berücksichtigt, dass an dem Versuchstage 2100 CC. Wasser getrunken wurden.

Im Folgenden stelle ich schematisch die elementare Zusammensetzung der Ausgaben neben einander mit den daraus berechneten wahrscheinlichen Substanzzersetzungen.

| Ausgaben. | | | Einnahmen. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *N* | *C* | | *N* | *C* |
| 22,28 Gr. Harnstoff | 10,4 | 4,456 | 65,7 Gr. Albumin | 10,4 | 36,03 |
| 0,033 - Harnsäure | | | 188,9 - Fett | 0 | 149,23 |
| In der Respiration | 0 | 180,8 | | | |
| | | | Zusammen | 10,4 | 185,26 |
| Zusammen | 10,4 | 185,26 | | | |

Bei einem Mittelgewicht des Körpers von 72,87 Kgrm. verbrauchte in 24 Stunden 1 Kgrm.:

0,1427 *N* und 2,54 *C*.

Das Verhältniss des *N*-Verbrauches zu dem *C*-Verbrauche beträgt:

1 : 18.

## Hungerversuch Nr. III.

Anfang: den 2. Juli 1861, 9 Uhr Morgens,

Ende: den 3. Juli, 9 Uhr Morgens.

Den 1. Juli, Morgens 10 Uhr, wurde vor dem Versuche die letzte Nahrung genommen. Der Versuch begann den 2. Juli, Morgens 9 Uhr, so dass 23 Stunden zwischen der letzten Nahrungsaufnahme und dem Beginne der Untersuchung liegen.

Das körperliche Befinden bei Beginn des Versuches normal. Während des Versuchstages wurde kein Wasser getrunken.

Die äussere Durchschnittstemperatur war während des Versuchstages 16,4° C.

Vor Beginn des Versuches war aller auf die Tage vor dem Versuchstage treffender Koth entleert.

Folgende Tabelle giebt die gefundenen Resultate.

| Datum. | K. Gewicht. | Harn. CC. | $\dot{t}$ | $\bar{v}$ | Kochsalz. | Koth. | *C* der Respirat. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2. VII. | 72440 | 832 | 18,3 | 0,24 | 5,3 | 0 | 180,9 |
| 3. | 71050 | | | | | | |
| Abnahme: | 1390 | | | | | | |

In 18,3 Gramm Harnstoff und 0,24 Gramm Harnsäure wurden 8,62 Gramm *N* ausgeschieden, welche 54,453 Gramm Albumin entsprechen. Diese Albuminmenge enthält 29,86 Gramm *C*. Als Harnsäure und Harnstoff wurden 3,75 Gramm *C* entleert, es bleiben von dem

Albumin noch 26,11 Gramm *C* für die Respiration. Die directe Bestimmung des *C* in der Athemluft ergab 180,9 Gramm. Die noch dazu erübrigenden 154,79 Gramm *C* entsprechen einer Zersetzung von 195,94 Gramm Fett.

Da der gesammte Körpergewichtsverlust 1390 Gramm beträgt und nur die oben angegebenen Gewichte an festen Bestandtheilen entleert wurden, so haben wir auch hier eine bedeutende Wasserabgabe des hungernden Organismus anzunehmen. Hier lässt sich diese leicht erklären, da gar kein Wasser getrunken wurde, während doch im Harne 821 Gramm und in der Respiration gewiss auch eine ziemliche Menge ausgegeben wurde.

Die schematische Darstellung wird den Ueberblick erleichtern.

| Ausgaben. | | | Einnahmen. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *N* | *C* | | *N* | *C* |
| 18,3 Gr. Harnstoff | 8,54 | 3,66 | 54,45 Gr. Albumin | 8,62 | 29,86 |
| 0,24 - Harnsäure | 0,08 | 0,09 | 195,94 - Fett | 0 | 154,79 |
| In der Respiration | 0 | 180,9 | | | |
| Zusammen | 8,62 | 184,65 | Zusammen | 8,62 | 184,65 |

Bei einem Mittelgewicht von 71,79 Kgrm. treffen auf 1 Kgrm. in 24 Beobachtungsstunden als Ausscheidung:

0,12 Gramm *N* und 2,572 Gramm *C*.

Das Verhältniss des *N* in den Ausscheidungen zu dem *C* ist:

1 : 21,4.

---

In den im Folgenden gegebenen vergleichenden Tabellen habe ich eine Rubrik »Wasserausscheidung durch Haut und Lungen« beigefügt. Diese Grösse wurde nicht direct gefunden. Sie ist die Differenz zwischen dem aus der *N*- und *C*-Ausscheidung gerechneten Verluste an festen Körperstoffen mit Einrechnung der ausgeschiedenen Harnsalze und des Wassers im Harne — und dem Gesammtgewichtsverluste des Körpers, wozu noch das getrunkene Wasser zugerechnet wurde.

## Nr. I. Tabelle über die Hungertage.

| Datum. | Aeussere Temperatur in °C. | Getrunkenes Wasser in CC. | Mittleres Körpergewicht in Kgrm. | Nierenausscheidung. | | | Haut- und Lungenausscheidung. | | Gesammt-Körpergewicht Verlust. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *N* Gr. | *C* Gr. | *HO* Gr. | *C* Gr. | *HO* Gr. | |
| 22/11. 60. | 19,5° | 250 | 69,08 | 8,02 | 3,65 | 740 | 187? | 609 | 1130 |
| 21/6. 61. | 25,4° | 2100 | 72,87 | 10,4 | 4,6 | 2214 | 180,8 | 1050 | 1240 |
| 2/7. 61. | 16,4° | 0 | 71,79 | 8,62 | 3,75 | 821 | 180,9 | 537 | 1390 |
| | Im Mittel | | 71,25 | 9,01 | 4 | 1258 | 180,85 | 742 | 1253 |

## Nr. II. Tabelle der Ausscheidungen bei Hunger,

auf 1 Kgrm. berechnet.

| Datum. | *N* Gramm. | *C* Gramm. | *N* : *C* |
|---|---|---|---|
| 22. Nov. 60. | 0,116 | 2,67? | 1 : 23 |
| 21. Juni 61. | 0,143 | 2,54 | 1 : 17 |
| 2. Juli 61. | 0,12 | 2,57 | 1 : 21,4 |
| Im Mittel | 0,126 | 2,59 | 1 : 20,5 |

1. Als Resultat der vorstehenden Untersuchung über den Hunger stellen sich für *C*- und *N*-Ausscheidung folgende Mittelwerthe heraus, geltend für einen gesunden ruhenden Menschenorganismus meiner damaligen Constitution:

| für ein Mittelgewicht von 71,25 Kgrm. | berechnet auf 1 Kgrm. |
|---|---|
| 9,01 Grm. *N.* | 0,126 Grm. *N.* |
| 184,85 „ *C.* | 2,59 „ *C.* |

Das mittlere Verhältniss der *N*- zur *C*-Ausscheidung ist bei Hunger: 1 : 20,5.

Die *N*-Ausscheidung fällt demnach unter diesen Verhältnissen rascher als die *C*-Ausscheidung im Vergleiche mit den bei gemischter Nahrung gefundenen Resultaten.

2. Die in den vorstehenden vergleichenden Tabellen zusammengestellten Ausscheidungsgrössen zeigen trotz der ziemlichen Verschiedenheit der Verhältnisse, unter welchen sie gewonnen wurden, eine auffallende Uebereinstimmung: mit Ausnahme der Wasserausscheidung durch die Nieren und in der Respiration.

Bemerkenswerth ist, dass bei der enormen Temperaturhöhe am 21. Juni 1861 die auf die Respirationsausscheidung berechnete Wassermenge fast das Doppelte, als an den beiden anderen weniger warmen Versuchstagen beträgt; und zwar kann dieses Resultat durch die mögliche Grösse des Fehlers der indirecten Bestimmungsmethode nicht wesentlich alterirt werden.

Ich glaube diese Beobachtung als einen vorläufigen Beweis für das Bestehen einer Wärmecompensations-Einrichtung im Organismus ansehen zu dürfen, welche einen ihrer Hauptfactoren in der Wasserverdunstungsgrösse besitzt.

Schliesslich mache ich noch darauf aufmerksam, dass die bedeutendste Wasserausscheidungsgrösse durch die Nieren ebenfalls am 21. Juni mit einer Kochsalzausscheidung von 11 Gramm verbunden war. Am Hungertage Nr. III. betrug die Kochsalzausscheidung 5,3 Gramm.

Die mitgetheilten Resultate stimmen ziemlich vollständig mit den am Hunde gefundenen überein. Auffallend ist, dass der so viel weniger wiegende Hund am ersten Tage des Hungers ziemlich die gleiche $\dot{C}$-Menge ausscheidet wie der Mensch. Es beweist dies, dass er im Verhältnisse zu seinem Körpergewicht bedeutend mehr $N$ verbraucht als der Mensch, ein Verhältniss, welches wohl darauf beruht, dass der Hund ziemlich viel weniger Fett im Verhältniss zum Eiweisse als Körperbestandtheil enthielt, als das von mir beobachtete Individuum.

## § 3.

### Fleischnahrung.

Am Fleischfresser gewonnene Resultate lassen es erwarten, dass wie jener so auch der Mensch im Stande sein werde, durch eine nur aus Fleisch bestehende Nahrung alle Bedürfnisse seines Organismus zu decken.

Allein ganz abgesehen von der Unmöglichkeit, ohne eine, manche Zuthaten, besonders Fett, erfordernde Zubereitung eine entsprechende Fleischmenge zu geniessen, lässt schon die einfache Betrachtung der für eine Ernährung allein aus Fleisch nothwendig werdenden Gewichtsmengen der Nahrung eine bedeutende Schwierigkeit dieses Versuches, wenn nicht seine Unmöglichkeit erkennen.

Nehmen wir 200 Gramm *C* als die wahrscheinliche Respirationsausscheidung während 24 Beobachtungsstunden an, so bedürfen wir allein zur Deckung dieses Verbrauches 1599 Gramm fettfreies Fleisch. Diese Fleischmenge enthält 54,4 Gramm *N*. Um für diese *N*-Menge die zur Harnstoffbildung erforderliche *C*-Menge zu erhalten, bedarf es einer weiteren Zersetzung von 200 Gramm Fleisch, so dass die erforderliche Fleischmenge 1800 Gramm beträgt mit einem *N*-Gehalte von 61,1 Gramm entsprechend 131,1 Gramm Harnstoff!!

Es wird sich fragen, ob der Mensch im Stande ist, eine so enorme Fleischmenge, beinahe 4 Zollpfund, zu geniessen, zu verdauen und umzusetzen. Besonders gegen das erste Moment lassen sich schon a priori gegründete Bedenken erheben.

Ich gehe sogleich zur Besprechung der drei angestellten Versuche selbst über, indem ich zuerst den der Zeit nach am spätesten angestellten Fleischtag betrachte, weil an diesem eine directe *C*-Bestimmung in der Respirationsluft vorgenommen wurde, was zur Beurtheilung des Resultats ganz unumgänglich nöthig erscheint.

### Fleischversuch Nr. I.

Anfang: den 19. Juli 1861, Morgens 9 Uhr,
Ende: den 20. Juli, Morgens 9 Uhr.

Vor dem Versuche hatte die letzte Nahrungsaufnahme am 18., Mittags 1 Uhr stattgefunden. Zwischen dieser und dem Beginne des Versuches waren 20 Stunden verflossen; der Körper befand sich demnach im Zustande der Inanition.

Das Allgemeinbefinden vor Beginn des Versuches war ganz normal.

Die äussere Temperatur während der 24 Beobachtungsstunden betrug im Mittel 21,5° C.

1917 Gramm mageres Kuhfleisch wurden durch Ausschneiden vollkommen vom Fette befreit. Die Zubereitung geschah mit dem möglichen Minimum von Fett, 74 Gramm, mit welchem das Fleisch theils gebraten, theils gehackt gedämpft wurde.

Sogleich bei Beginn des Versuches wurden davon 500 Gramm gegessen. Mittags 1 Uhr 1000 Gramm. Abends um 7 Uhr wurde der Rest zu nehmen versucht. Der Widerwille gegen das Fleisch war jedoch schon zu einer solchen Höhe gestiegen, nebenbei war das Gefühl der Magenbelästigung schon so bedeutend, dass 48,4 Gramm des

zubereiteten Fleisches nicht mehr genossen werden konnten. Getrocknet wog diese Fleischmenge 20,5 Gramm, was einem Rohgewicht von 85,1 Gramm entspricht. Es konnten also dem Körper nicht mehr als 1832 Gramm rohes fettfreies Kuhfleisch aufgebürdet werden.

Folgende Tabelle stellt die Verhältnisse, wie sie an dem Versuchstage beobachtet wurden, zusammen.

| Datum. | K. Gew. | Fleisch Grm. | Fett Grm. | Wasser CC. | Harn CC. | $\dot{U}$ Grm. | $\bar{U}$ | $C$ der Respiration. | Koth. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19. VII. 61. | 73140 | 1832 | 74 | 3371 | 3073 | 86,3 | 1,95 | 231,2 | 185 |
| 20. | 72880 | | | | | | | | 108 |
| 21. | | | | | | | | | 19 |

Mit dem Fleische waren 31 Gramm Kochsalz genommen worden. Im Harne fanden sich 26,6 Gramm.

Ausserdem wurden noch die Schwefel- und Phosphorsäure im Harne bestimmt. Die enormen Grössen betrugen:

Schwefelsäure 6,76 Gramm, Phosphorsäure 7,98 Gramm.

Das Befinden war durch Magendrücken sehr gestört, wozu sich noch eine grosse Mattigkeit und Ekel gesellte. Der Durst war sehr bedeutend.

Sogleich nach der ersten Nahrungsaufnahme wurden 185 Gramm Koth entleert, welche als zu früheren Tagen gehörig vom Anfangsgewichte abzuziehen sind. Sonnabend den 20. Juli, 11 Uhr Morgens, zwei Stunden nach Beendigung des Versuches, wurden 108 Gramm entleert. Durch Beeren und Farbe liessen sich 28 Gramm leicht als auch noch auf die Tage vor dem Versuchstag gehörig abgrenzen, 80 Gramm waren Fleischkoth. Der grösste Theil des unverdauten Fleisches war damit schon zur Defaecation gekommen. Am folgenden Tage wurden nur noch 19 Gramm Fleischkoth entleert. Auch nach einer so bedeutenden Fleischmenge, wie sie hier genommen wurde, sehen wir die Verdauung schon nach 24 Stunden beendigt, bei einer geringeren Menge ist dies wohl noch früher anzunehmen. Ich erinnere hier an die Beobachtungen Voit's am Hunde.

Nach Abzug dieser Kothgewichte vom Anfangs- und Endgewichte des Körpers ergeben sich für ersteres 72,927 Kgrm., für letzteres 72,781 Kgrm., eine Gewichtsabnahme von 146 Gramm, trotz der Aufnahme der grösstmöglichen Fleischmenge.

86,3 Grm. $\dot{U}$ enthalten 40,28 Grm. $N$, 1,95 Grm. $\bar{U}$ 0,65 Grm. $N$, zusammen 40,93 Grm. $N$, entsprechend 1203,9 Grm. Fleisches von der Zusammensetzung des aufgenommenen. Diese Fleischmenge enthält 150,62 Grm. $C$, davon wurden im Harne 17,96 Grm. entleert. Es bleiben demnach für die Respiration noch 132,66 Grm. $C$. Da jedoch im Ganzen in der Athemluft 231,2 Grm. $C$ ausgeschieden wurden, so erübrigen noch 98,54 Grm. $C$, welche sicher aus einer anderen Quelle, als der, welche den ausgeschiedenen $\dot{U}$ geliefert, abzuleiten sind. In den 50 Gramm zur Zubereitung des Fleisches verwendeten Fettes wurden 50,27 Gramm $C$ eingeführt. Der noch erübrigende Rest, 48,27 Gramm, wurde wohl durch Zersetzung nicht $N$-haltiger Körperbestandtheile gewonnen.

Im Kothe[1]) wurden 3,26 Gramm $N$ entleert, welche 95,9 Gramm frischen Fleisches entsprechen. Rechnet man dazu die 1203,9 Gramm zersetzten Fleisches, so finden sich in den Excreten die Reste von 1299,7 Gramm Fleisch. 1832 Gramm wurden aufgenommen, 532,3 Gramm verblieben demnach im Organismus.

In Folge des übermässigen Fleischgenusses trotz der enormen Wassereinnahme sehen wir eine Gewichtsabnahme des Körpers eintreten um 146 Gramm. Der angenommene Gewichtsverlust an Körperfett beträgt 89,6 Gramm. Bedenkt man noch, dass nebenbei noch ein Eiweissansatz von 532,3 Gramm Fleisch stattgefunden hat, so sind wir gedrängt, eine Ausgleichung durch Wasserabgabe anzunehmen, wie sie ebenso bei Hunden bei reichlicher Fleischfütterung und Fleischansatz beobachtet wurde.

Folgendes Schema erleichtert den Ueberblick.

| Einnahmen. | | | Ausgaben. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $N$ | $C$ | | $N$ | $C$ |
| 1832 Gr. Fleisch | 62,29 | 229,36 | 86,3 Gr. Harnstoff | 40,28 | 17,26 |
| 70 - Fett | 0 | 50,27 | 1,95 - Harnsäure | 0,65 | 0,7 |
| | | | 99 - Koth | 3,26 | 14,58 |
| Zusammen | 62,29 | 279,63 | In der Respiration | 0 | 231,2 |
| | | | Zusammen | 44,19 | 264,04 |

1) Vergleiche die analytischen Belege.

Es ergiebt sich, dass Einnahmen und Ausgaben nicht übereinstimmen. Rechnet man zu den Einnahmen noch 75,14 Gramm Körperfett mit 51,05 Gramm *C*, zu den Ausgaben noch dem Ansatz von Substanz entsprechend 532,3 Gramm rohen Fleisches mit einem *N*-Gehalt von 18,1 Gramm und 66,64 Gramm *C* hinzu, so gleichen sich Einnahmen und Ausgaben aus. Es beträgt dann die Einnahme in Summa 62,29 Gramm *N*, 330,68 Gramm *C*, die Ausgabe ebensoviel.

In 24 Stunden bei einem Mittelgewichte von 72,85 Kgrm. schied 1 Kgrm. aus:

0,5618 Gramm *N* und 3,42 Gramm *C*.

Das Verhältniss des *N* zum *C* in den Ausscheidungen beträgt:

1 : 6,08!

## Fleischversuch Nr. II.

Anfang: den 7. November 1860, 4 Uhr Nachmittags,

Ende: den 8. November, 4 Uhr Nachmittags.

Das in diesem Versuche angewendete Fleisch war Rehfleisch. Es wurde sorgfältig von allem Fette befreit, was um so leichter möglich ist, als die Muskeln des Schenkels wenigstens zwar mit ziemlich viel Fett umgeben, in ihrer Substanz selbst aber ganz fettlos sind.

Der *N*-Gehalt des Fleisches wurde von mir selbst bestimmt, ich fand ihn zu 3,305 % des frischen Fleisches.

Der Versuch schloss sich der ersten Reihe mit gleichbleibender Nahrungsaufnahme an.

Die Beobachtung begann Nachmittags 4 Uhr. Um 5 Uhr wurde die grösste Menge des Fleisches und zwar gebraten mit 80 Gramm Fett, auf einmal, 24 Stunden nach der letzten Mahlzeit, genommen; Abends 7 Uhr noch eine ganz kleine Menge als Rest.

Der *C*-Gehalt der Respirationsluft wurde nicht bestimmt.

Folgende kleine Tabelle stellt die beobachteten Verhältnisse zusammen.

| Datum. | K. Gew. | Fleisch | Fett | Wasser | Salz | Harn | $\dot{v}$ | $\bar{v}$ | Koth. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7. XI. 60. | 68550 | 2009 | 80 | 1400 | 14 | 2260 | 75 | 2,11 | 12,1 |
| 8. | 67610 | | | | | | | | 0 |
| 9. | | | | | | | | | 259 |
| 10. | | | | | | | | | 28 |

Nach dem Essen heftiger Durst, Wasser erregte Brechneigung, darum wurden trotz des Durstes nur 1400 CC. Wasser getrunken. Bedeutendes Hitzegefühl mit Schweiss. Nachts unruhiger Schlaf, Magendrücken. Am Morgen Kopfschmerz, Brechneigung, Widerwillen gegen jede Nahrung mit grossem Schwächegefühl.

Im Gefolge der Fleischnahrung trat Darmverstopfung ein. Mittwoch den 7. wurden 12 Gramm auf den vorangegangenen Tag gehörigen Kothes entleert. Donnerstag kein Koth. Freitag Morgens 259 Gramm, von denen nach der durch Beeren möglich gemachten Abgrenzung 35,5 Gramm auf den Tag vor dem Versuche gehören; am Abend noch 28 Gramm Fleischkoth als Rest desselben. Im Ganzen wurden 251,5 Gramm Fleischkoth entleert mit einem *N*-Gehalt der frischen Substanz von 3,26 %; danach berechnen sich für die ganze Kothmenge 8,2 Grm. *N*. Diese Menge entspricht 248,1 Gramm rohen Rehfleisches, welches Gewicht als nicht resorbirt von dem Aufnahmsgewicht, 2009 Gramm abzuziehen ist. Es dürfen demnach 1760,9 Gramm als wirklich vom Organismus aufgenommen betrachtet werden.[1])

Im Harne wurden 75 Gramm $\overset{+}{U}$ und 2,11 Gramm $\bar{U}$ entleert mit einem *N*-Gehalt von 35,7 Gramm. Diese *N*-Menge entspricht 1080,2 Gramm Fleisch. Da nun 1760,9 Gramm verdaut wurden, so müssen 680,7 Gramm im Körper als irgendwie zurückgehalten betrachtet werden.

Die 1080,2 Gramm wirklich zersetzten Fleisches besitzen einen *C*-Gehalt von 135,2 Gramm. Die 84 Gramm genossenen Fettes 54,3 Gramm *C*.

Die bisherigen Erfahrungen lassen erkennen, dass 135,2 Gramm *C* für die Respirationsausscheidung nicht hinreichend ist. Auch mit dem *C* des mit aufgenommenen Fettes erreicht die für die Respiration verfügbar werdende *C*-Menge noch nicht die bei Hunger beobachtete Höhe, da für den *C* des Harnstoffes und der Harnsäure von dem Gesammtgewicht noch 15,75 Gramm abgezogen werden müssen.

1) Ich vergesse hier nicht, dass aus dem Darme zu den Speiseresten auch noch *N*-haltige Stoffe sich zumischen, z. B. Darmepithelien etc. Die Menge derselben kann manchmal wohl ziemlich bedeutend sein, doch glaube ich sie hier bei den grossen in Frage kommenden Mengen wohl ausser Berechnung lassen zu dürfen. Das Nähere darüber im Anhange zu Capitel XIX am Schlusse der ganzen Untersuchung.

Es erscheint nach diesen Betrachtungen mehr als wahrscheinlich, dass auch hier ein Verbrauch von Körperfett stattgefunden habe. Wie gross derselbe war, lässt sich, da keine *C*-Bestimmung der Athemluft vorgenommen wurde, nicht bestimmen.

Ich mache hier noch auf die grosse, nach der Annahme von Bischoff und Voit beim Hunde, auch hier allein auf Wasserverlust zu beziehende Körpergewichtsabnahme während der 24 Beobachtungsstunden aufmerksam; sie beträgt 1179 Gramm mit Rücksicht auf den Koth.

In 2009 Gramm Fleisch wurden aufgenommen: 66,3 Gramm *N*.
Ausgeschieden wurden:

| | | | |
|---|---|---|---|
| als Harnstoff . . . . . | 35,0 | „ | „ |
| als Harnsäure . . . . . | 0,7 | „ | „ |
| als Koth . . . . . | 8,2 | „ | „ |
| | Zusammen 43,9 | Gramm | *N*. |

Demnach blieben im Körper zurück: 22,4 Gramm *N*, entsprechend 680,7 Gramm Fleisch.

In 24 Stunden verbrauchte 1 Kgrm. bei einem Mittelgewicht von 67,93 Kgrm.: 0,5257 Gramm *N*.

### Fleischversuch Nr. III.

Anfang: den 4. Februar 1861, 9 Uhr Morgens.
Ende: den 5. Februar, 9 Uhr Morgens.

Dieser Versuch schloss sich der dritten Versuchsreihe mit gleichbleibender Nahrungsaufnahme an.

Der *C*-Gehalt der Respirationsluft wurde nicht bestimmt.

Der Versuch hat, obwohl hier nur eine geringere Fleischmenge eingenommen wurde, deswegen ein weiteres Interesse, weil es möglich war, auf ihn noch einen Beobachtungstag folgen zu lassen, was bei den beiden anderen Fleischversuchen durch den eingetretenen Gastricismus vereitelt wurde.

Den 3. Februar, Mittags 3½ Uhr, wurde vor dem Versuche die letzte Nahrung aufgenommen. Mittags 12 Uhr den 4. Februar, also 20½ Stunde nach der letzten Nahrungsaufnahme, wurden 1281 Gramm fettfreien Ochsenfleisches mit 78 Gramm Fett gebraten genossen.

Folgende Tabelle stellt die Beobachtungen zusammen.

| Datum. | K. Gewicht | Fleisch | Fett | Wasser | Harn | $\dot{U}$ | $\bar{U}$ | Koth. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. II. 61. | 71090 | 1281 | 78 | 2000 | 2480 | 69,44 | 1,5 | 91 |
| 5. | 70110 | | | | | | | 49 |
| 6. | | | | | | | | 195 |

Den 4. und 5. Februar wurden zusammen 140 Gramm Koth entleert, welche auf die Tage vor dem Versuchstage zu beziehen sind. Den 6. wurden 195 Gramm Fleischkoth, aller, entleert mit 5 Gramm *N*. 5 Gramm *N* entsprechen 147 Gramm rohen Fleisches, welche ich mit Vorbehalt der obigen in der Anmerkung gegebenen Einschränkung von dem genossenen als unverdaut abziehe. Es wurden demnach 1134 Gramm Fleisch wirklich verdaut.

69,44 Gramm $\dot{U}$ und 1,5 Gramm $\bar{U}$ enthalten 32,91 Gramm *N*, entsprechend 969 Gramm Fleisch. 166 Gramm des genossenen Fleisches wurden demnach im Organismus zurückgehalten.

953,2 Gramm Fleisch enthalten 119,3 Gramm *C*. Im Harne wurden 14,4 Gramm entleert; es bleiben demnach für die Respiration 104,9 Gramm *C*. 78 Gramm Fett enthalten 61,7 Gramm *C*. Auch hier muss angenommen werden, dass noch neben der Nahrung Fett vom Körper verbraucht worden sei, um das Respirationsbedürfniss zu decken.

Die Abnahme des Körpers beträgt mit Berücksichtigung des Kothes 1085 Gramm.

In 1281 Gramm Fleisch wurden gegeben: 43,55 Gramm *N*.
Ausgeschieden wurden:

| | | | |
|---|---|---|---|
| als Harnstoff . . . . . | 32,41 | „ | „ |
| als Harnsäure . . . . . | 0,5 | „ | „ |
| als Koth . . . . . | 5,0 | „ | „ |
| Zusammen | 37,91 | Gramm | *N*. |

Im Körper blieben zurück: 5,64 Grm. *N*, entsprechend 166 Grm. Fleisch.

Bei einem Mittelgewicht von 70,43 Kgrm. schied in 24 Stunden 1 Kgrm. im Harne aus: 0,4672 Gramm *N*.

An den Fleischtag schloss sich noch ein Versuchstag an — vergleiche Versuchsreihe Nr. III. — an welchem in der Nahrung neben einer genügenden *C*-Menge 17,91 Gramm *N* gegeben wurde.

Es wurden 49,9 Gramm $\dot{U}$ und 2,2 Gramm $\bar{U}$ ausgeschieden mit einem *N*-Gehalt von 24,02 Gramm. Dazu kommen im Kothe noch

1,7 Gramm *N*, sodass im Ganzen 25,72 Gramm entleert wurden, 7,81 Gramm mehr als in der Nahrung enthalten waren.

| | | | |
|---|---|---|---|
| In der Nahrung wurden gegeben: | | 17,91 | Gramm *N*. |
| Ausgeschieden wurden: | | | |
| als Harnstoff, | 49,9 Gramm: | 23,29 | ,, ,, |
| als Harnsäure, | 2,2 ,, | 0,73 | ,, ,, |
| als Koth | | 1,70 | ,, ,, |
| | Zusammen | 25,72 | Gramm *N*. |
| Ein Ueberschuss von | | 7,81 | ,, ,, |

Wir sehen in diesem Falle nach einer bedeutenden *N*-Zufuhr die *N*-Ausscheidung den folgenden Tag noch gesteigert.

Gegen eine Zurückhaltung des $\dot{U}$ im Blute und Ausscheidung am folgenden Tage spricht der Umstand, dass in dem vorhergehenden Versuch mit 1851 Gramm Fleisch durchaus nicht das mögliche Maximum der $\dot{U}$-Ausscheidung erreicht war.

Aus den drei Fleischtagen ergiebt sich für das untersuchte Individuum:

1. Trotz der aufgenommenen grossen Fleischmengen sehen wir in jedem Falle eine nicht unbedeutende Gewichtsabnahme eintreten.

2. Rechnet man aus der im Harne entleerten *N*-Menge auf Fleischzersetzung, so ist die so gefundene Fleischmenge nicht genügend, allen für die Respirationsausscheidung nöthigen *C* zu liefern. In dem ersten Versuche wurde dies durch die directe *C*-Bestimmung nachgewiesen. In den beiden letzten würde die allein durch Fleischzersetzung gelieferte *C*-Menge nur um ein Geringes die bei Hunger ausgeschiedene *C*-Menge überschreiten; es ist darum mit Sicherheit anzunehmen, dass auch hier eine Mehrzersetzung stattgefunden habe.

Ich war nicht im Stande, durch die Aufnahme von den grösstmöglichen Quantitäten Fleisches den Gesammtstoffverbrauch zu decken.

3. Wie schon die im Vorstehenden formulirte Erfahrung gegen die Möglichkeit einer alleinigen Ernährung des Menschen mit Albuminaten spricht, so macht diese Möglichkeit die weitere Erfahrung noch unwahrscheinlicher, dass, wenn die theoretisch geforderte Fleischmenge aufgenommen wurde, beide Male ein ziemlich bedeutender Gastricismus eintrat.

4. Für die Lehre von der Verdauung ergiebt sich der nicht unwichtige Satz, dass es nicht gleichgültig sei, ob man dem Organismus

auf ein oder mehrere Male die Verdauung einer bestimmten Fleischmenge zumuthet.

In Fleischversuch Nr. II. und Nr. III. wurden die bedeutenden Fleischmengen auf ein Mal genossen. Bei Nr. I. in mehreren Sitzungen.

Bei Nr. I. wurden im Kothe 3,26 Gramm $N$ — entsprechend einer Fleischmenge von 96 Gramm — entleert. Von den 1832 Gramm zugeführten Fleisches wurden 5,24 % nicht aufgenommen.

Bei Nr. II. wurden in 251,5 Gramm Koth 8,2 Gramm $N$ — entsprechend 248 Gramm Fleisch — entleert. Von 2009 Gramm wurden 12,34 % nicht aufgenommen.

Bei Nr. III. wurden im Kothe 5 Gramm $N$ entleert, entsprechend 147 Gramm Fleisch. Von 1281 Gramm Fleisch wurden 12,18 % nicht verdaut.

Die Verdauungsgrösse für Fleisch bei einmaliger Nahrungszufuhr beträgt demnach 88 %.

Bei mehrmaliger Zufuhr kann die Verdauungsgrösse auf 95 % gesteigert werden.

Die Uebereinstimmung der vorliegenden Resultate mit den von Bischoff und Voit am Hunde gefundenen ist weniger deutlich als bei den vorhergehenden. Wir treffen hier auf Unterschiede des Omnivoren von den Fleischfressern in Beziehung auf die Ernährung.

Der nur halb so schwere von Bischoff und Voit zu ihren Untersuchungen benutzte Hund vermag ganz gut 2500 Gramm ausgeschnittenes, fettfreies Fleisch zu fressen, zu verdauen und umzusetzen; der Mensch vermag dies nicht, wenigstens nicht das untersuchte Individuum. Es tritt hier gewiss die Einwirkung der Gewöhnung unseres Darmes an gemischte und darum weniger reichliche Kost in Wirksamkeit.

Die Beobachtung jedoch, dass von dem aufgenommenen Fleische angesetzt wurde, während noch Fett vom Körper sich verbrauchte, steht wie es scheint noch principieller einer vollkommenen Identificirung des Menschen mit dem Hunde in Beziehung auf seine Ernährungsverhältnisse entgegen. Bei letzterem wurde dies, soviel mir bekannt, bisher noch niemals beobachtet.

Ich glaube annehmen zu müssen, dass dies Verhältniss darin seinen Erklärungsgrund finde, dass, wie dies schon oben angegeben, der Mensch im Vergleiche mit dem Hunde bei weitem fettreicher und

eiweissärmer zu sein pflegt, sich meist in einem gemästeten Zustand befindet. Es wird dadurch unmöglich, das Fett von der Concurrenz an der Ernährungsarbeit auszuschliessen.

Es ist jedoch nicht ganz unwahrscheinlich, dass vollkommen gesunde, möglichst fettlose Menschen im Gegensatze zu meinen Beobachtungen im Stande sein könnten, allein mit Aufnahme von Albuminaten, wie dies der Hund im Stande ist, das Ausscheidungsgleichgewicht zu erreichen.

In folgender Tabelle stelle ich die Resultate der drei vorliegenden Versuchstage übersichtlich zusammen.

Tabelle über drei Tage mit Fleischnahrung.

| Datum. | Mittleres Körpergewicht in Kgrm. | Gewichts-Abnahme | Nahrung. | | | Ausscheidungen. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Fleisch | *N* | *C* | $\dot{U}$ | $\bar{U}$ | *N* | *C* in Harn u. Respir. | *C* des zers. Fleisches, a. d. *N* ber. | Koth | *N* |
| 19. VII. 61 | 72,85 | 146 | 1832 | 62,3 | 229,4 | 86,3 | 1,95 | 40,93 | 249,2 | 150,6 | 99 | 3,26 |
| 7. XI. 60 | 67,91 | 1179 | 2009 | 66,3 | 251,5 | 75 | 2,11 | 35,7 | ? | 135,2 | 251 | 8,2 |
| 4. II. 61 | 70,41 | 1084 | 1281 | 43,6 | 146,4 | 69,4 | 1,5 | 32,9 | ? | 119,3 | 195 | 5 |

## § 4.

### Stickstofflose Nahrung.

Versuchstag mit stickstoffloser Nahrung.

Anfang: den 24. Juli 1861, Morgens 9 Uhr.

Ende: den 25. Juli, Morgens 9 Uhr.

Die letzt vorhergehende Nahrungsaufnahme erfolgte den 23. Juli, Mittags 1 Uhr. Bis zu Beginn des Versuchs waren demnach 20 Stunden verflossen.

Die *C*-Ausscheidung durch Haut und Lungen wurde direct bestimmt

Das körperliche Befinden bei Beginn des Versuches war normal.

Die äussere Temperatur betrug im Mittel während der 24 Beobachtungsstunden 22,5° C.

Als Nahrung wurde Zucker, Stärkemehl und Fett aufgenommen. Ersterer wurde als Zuckerwasser getrunken. Die Stärke wurde mit Wasser verrührt und mit 12 Gramm Salz in Fett gebacken.

Das Uebrige ist in folgender Tabelle zusammengestellt.

| Datum. | K. Gew. | Stärke | Zucker | Fett | Wasser CC. | Harn CC. | $\dot{t}\dot{v}$ | $\bar{v}$ | C der Respirat. | Koth |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24. VII. 61<br>25. | 72520<br>72810 | 300 | 100 | 150 | 1321 | 758 | 17,1 | 0,54 | 200,3 | 96<br>88 |

Bei Beginn des Versuches um 9 Uhr Morgens wurde die erste Hälfte der Nahrung, Mittags 12½ Uhr die zweite genommen. Der Rest erregte einen fast unüberwindlichen Widerwillen. Am Nachmittag grosse Mattigkeit mit einem lästigen Gefühl von Uebersättigung.

Sogleich nach der ersten Nahrungsaufnahme wurden 96 Gramm Koth entleert, die als nicht zu dieser Ernährung gehörig nicht in Betracht kommen. Den 25. wurden 88 Gramm Stärkekoth, durch Beeren abgegrenzt, ausgeschieden. Er enthielt 69 % Wasser und 31 % feste Stoffe. Die trockene Substanz enthielt 54,8 % *C*. In der entleerten Kothmenge waren demnach 14,95 Gramm Kohlenstoff enthalten.

Die *N*-Bestimmung verunglückte. Mit Berücksichtigung der Kothmengen ergeben sich für das Anfangs-Körpergewicht 72425 Grm., für das Endgewicht 72722 Gramm, demnach eine Gewichtszunahme von 297 Gramm.

Diese Gewichtszunahme ist um so bemerkenswerther, als die *N*-Ausscheidung in den Nieren einen ungedeckten Verlust des Körpers an *N*-haltiger Substanz erkennen lässt.

Im Harne wurden 17,1 Gramm Harnstoff und 0,54 Gramm Harnsäure entleert, welche zusammen 8,16 Gramm *N* enthalten.

Berechnet man diese *N*-Menge auf Albumin, so ergiebt sich eine Zersetzung während der 24 Beobachtungsstunden von 51,547 Gramm.

In der Nahrung wurden aufgenommen: 254,68 Gramm *C*, dazu die *C*-Menge des zersetzten Albumins mit 28,268 Gramm, ergiebt 282,95 Gramm *C*. Im Kothe wurde ausgeschieden 14,95 Gramm *C*, im Harne 3,61 Gramm = 18,56 Gramm. Durch die Respiration wurden 200,5 Gramm *C* ausgeschieden. Es blieben demnach 64 Gramm *C* im Körper zurück, entsprechend 81,5 Gramm Fett.

Es wird neben einem ungedeckten *N*-Verbrauch ein *C*-Ansatz wahrscheinlich. Doch reicht dieser Ansatz nicht hin, um die ganze Gewichtszunahme des Körpers während des Beobachtungstages zu er-

klären, wir haben eine Ausgleichung durch Wasseransatz noch nebenher anzunehmen. Auch Bischoff und Voit beobachteten beim Hunde bei ungenügender $N$-haltiger Nahrung, z. B. Brodfütterung die von mir gesehene Zunahme und erklärten sie aus Wasseransatz. Ein directer Versuch an der Katze erwies in einem solchen Falle einen grösseren Wasserreichthum der Gewebe.

Folgendes Schema stellt die Verhältnisse zusammen.

| Einnahmen. | | | Ausgaben. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $N$ | $C$ | | $N$ | $C$ |
| 150 Gr. Fett | 0 | 109,91 | 17,1 Gr. Harnstoff | 7,98 | 3,42 |
| 300 - Stärke | 0 | 114,5 | 0,54 - Harnsäure | 0,18 | 0,19 |
| 100 - Zucker | 0 | 38,27 | 95 - Koth | ? | 18,79 |
| | | | In der Respiration | 0 | 200,5 |
| Zusammen | 0 | 254,69 | Zusammen | 8,16 | 222,9 |

Bei einem Mittelgewicht von 72,57 Kgrm. wurden während 24 Beobachtungsstunden 2,775 Grm. $C$ und 0,1124 Grm. $N$ von 1 Kgrm. in Zersetzungsproducten ausgeschieden.

Das Verhältniss des verbrauchten $N$ zum $C$ ist wie 1 : 24,74.

---

In folgender kleinen Tabelle stelle ich die Mittelzahlen, welche bei Hunger gewonnen wurden, neben die hier gewonnenen Resultate.

In beiden Fällen betrachte ich nur die Ausscheidungen durch Nieren und die Respiration.

Die Zahlen sind auf 1 Kgrm. und 24 Beobachtungsstunden berechnet.

| | Hunger. | $N$-lose Nahrung. |
|---|---|---|
| $N$ | 0,126 | 0,112 |
| $C$ | 2,59 | 2,775 |
| $N:C$ | 1:20,5 | 1:24,7 |

Es ergiebt sich hieraus:

1. Die $N$-Ausscheidung durch die Nieren scheint gegen die bei Hunger durch Aufnahme von Kohlehydraten etwas herabgedrückt werden zu können, wie dies Voit und Bischoff beim Hunde gefunden haben.

2. Die $C$-Ausscheidung wird nur ein wenig gesteigert. Dadurch wird das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss in den Ausscheidungen etwas zu Gunsten des $C$ geändert.

3. In Beziehung auf das Gesammtkörpergewicht kommen wir hier wie Bischoff und Voit zu dem Schlusse, dass sich aus seiner alleinigen Berücksichtigung beim Menschen nichts über Aenderungen des Ernährungszustandes aussagen lasse, da Fleisch, Fett und Wasser sich gegenseitig ausgleichen können.

Wir bemerken eine ungedeckte Abnahme an $N$-haltiger Körpersubstanz — 8,16 Gramm $N$ entsprechen 240 Gramm Fleisch — und doch sehen wir eine Gewichtszunahme von nahezu 300 Gramm eintreten und haben bei Fleischansatz eine Abnahme des Gewichts gesehen!

Das Körpergewicht ist kein directes Maass für den Ernährungszustand.

Alle Berechnungen auf 1 Kgrm. Körpergewicht bekommen durch die Möglichkeit der Wasserabgabe oder des Wasseransatzes, welche wir abwechselnd in den im Vorstehenden mitgetheilten Versuchen constatirten, einen gewissen relativen Fehler.

## § 5.

## Resultate.

Keines meiner thatsächlichen Resultate steht im Widerspruch mit den von Bischoff und Voit am Hunde gefundenen, so dass es demnach scheint, als dürften wir ziemlich rückhaltslos die Verhältnisse als im Wesentlichen gleich ansehen.

Den einzigen Unterschied scheinen die Versuche mit übermässiger Fleischzufuhr zu ergeben; doch wage ich nicht, darauf ein entscheidendes Gewicht zu legen, da es zu leicht möglich sein könnte, dass nur ganz individuelle Verhältnisse hier zur Geltung gekommen seien.

Im Folgenden stelle ich die Einzelresultate meiner Untersuchung zusammen. Sie stehen mit denen von Bischoff und Voit am Hunde gefundenen in so grosser Ausdehnung in Uebereinstimmung, dass ich es vorziehe, dies hier, als später stets im Einzelnen wieder, auszusprechen.

## 1. Ueber Harnstoff und Harnsäure.

Bei einem gesunden ruhenden Menschen von 70 Kgrm. Durchschnittsgewicht vermag die Harnstoffausscheidung in bedeutenden Grenzen zu schwanken.

Als Minimalzahl fand ich: 17,02 und 17,1 Gramm in 24 Stunden, erstere bei Hunger, letztere bei stickstoffloser Kost.

Als Maximalzahl fand ich: 86,3 Gramm in 24 Stunden nach einer aufgenommenen Fleischmenge von 1832 Gramm.

Die Minimalzahl verhält sich zur Maximalzahl wie 1 : 5.

Beim Hunde fanden Bischoff und Voit, trotzdem dass er nur die Hälfte des Gewichts des Menschen hat, viel grössere Schwankungen von 9—183 Gramm $\dot{U}$.

Auch die Schwankungen der Harnsäureausscheidungsgrösse sind sehr bedeutend. Doch fallen letztere weniger in die Augen, da die Ausscheidungsgrösse der Harnsäure stets eine sehr verschwindend kleine bleibt.

Sie schwankt in 24 Beobachtungsstunden von einem kaum noch nachweisbaren Minimum bei Hunger: 0,033 Gramm, bis zu 2,2 Gramm am Tage sehr reichlicher Fleischnahrung und den Tag nach einer solchen.

Nehmen wir 0,24 Gramm, eine Grösse, welche zweimal beobachtet worden, als die Ausscheidungsmenge bei Hunger an, so verhält sich diese Minimalzahl zur Maximalgrösse wie 1 : 9.

Um den Einfluss des $N$-Gehaltes der Nahrung sowohl auf Harnstoff- als Harnsäure-Ausscheidung leicht überblicken zu können und um das Verhältniss dieser Ausscheidungen zu einander — die Harnsäure-Ausscheidungsgrösse = 1 gesetzt — nach den wechselnden Ernährungsbedingungen zu demonstriren, gebe ich folgende tabellarische Zusammenstellung.

Die Tabelle steigt von dem Minimum der Stickstoff-Nahrung — Hunger und stickstofflose Kost — bis zum Maximum derselben.

| Datum. | $\dot{v}$ | $\dot{t}$ | $\dot{v}:\dot{t}$ | Nahrung. |
|---|---|---|---|---|
| 22. XI. 60. | 0,24 | 17,02 | 1 : 71 | 0 |
| 21. VI. 61. | 0,033 | 22,28 | — | 0 |
| 2. VII. 61. | 0,24 | 18,3 | 1 : 76 | 0 |
| 24. VII. 61. | 0,54 | 17,1 | 1 : 32 | Kohlenhydr. |
| 15. VII. 61. | 0,58 | 35,5 | 1 : 61 | 15,22 Grm. *N* |
| 16. | 0,7 | 30,7 | 1 : 44 | ,, |
| 17. | 0,95 | 32,6 | 1 : 34 | ,, |
| 18. | 0,5 | 32,1 | 1 : 64 | ,, |
| 19. | 0,73 | 31,3 | 1 : 43 | ,, |
| 20. | 0,6 | 31 | 1 : 52 | ,, |
| 22. | 0,6 | 29,3 | 1 : 49 | ,, |
| 4. XII. 60. | 0,77 | 30,8 | 1 : 40 | 15,3 Grm. *N* |
| 5. | 0,84 | 31,9 | 1 : 38 | ,, |
| 6. | 0,79 | 36,5 | 1 : 46 | ,, |
| 26. I. 61. | 0,9 | 41 | 1 : 46 | 18 Grm. *N* |
| 27. | 0,93 | 39,3 | 1 : 42 | ,, |
| 28. | 0,75 | 38,1 | 1 : 51 | ,, |
| 29. | 0,8 | 39,3 | 1 : 49 | ,, |
| 30. | 0,94 | 38,3 | 1 : 41 | ,, |
| 31. | 0,83 | 37,9 | 1 : 46 | ,, |
| 1. II. 61. | 0,78 | 37,8 | 1 : 48 | ,, |
| 2. | 0,96 | 38,3 | 1 : 40 | ,, |
| 5. II. 61. | 2,2 | 49,9 | 1 : 23 | ,, |
| 31. X. 60. | 1,04 | 42,07 | 1 : 41 | 19,56 Grm. *N* |
| 1. XI. 60. | 1,11 | 47,8 | 1 : 43 | ,, |
| 2. | 1,12 | 51,4 | 1 : 46 | ,, |
| 3. | 1,125 | 47,3 | 1 : 42 | ,, |
| 4. | 1,07 | 38,2 | 1 : 36 | ,, |
| 5. | 0,68 | 38,4 | 1 : 56 | ,, |
| 6. | 1,03 | 40,1 | 1 : 39 | ,, |
| 3. II. 61. | 1,1 | 42,7 | 1 : 39 | 25,13 Grm. *N* |
| 4. II. 61. | 1,5 | 69,4 | 1 : 46 | 43,55 ,, ,, |
| 19. VII. 61. | 1,95 | 86,3 | 1 : 43 | 62,29 ,, ,, |
| 7. XI. 60. | 2,11 | 75 | 1 : 36 | 66,3 ,, ,, |

Als Resultate ergeben sich aus den tabellarisch mitgetheilten Bestimmungen folgende Schlüsse:

1. Bei vollkommen gleicher *N*-Zufuhr für mehrere Versuchstage findet anfangs eine wechselnde Harnstoffausscheidung statt, erst nach einigen Tagen wird sie ziemlich gleichmässig. Dann ist die im Harnstoff ausgeschiedene *N*-Menge der in der Nahrung zugeführten ziemlich genau gleich.

2. Im Hunger wird das Minimum des Harnstoffes ausgeschieden.

3. Durch Nahrungszufuhr allein, abgesehen von ihrer Zusammensetzung, wird die $\dot{U}$-Ausscheidung nicht gesteigert. Bei rein *N*-freier Kost sinkt die Harnstoffmenge auf das bei Hunger beobachtete Minimum.

4. Steigerung der *N*-Zufuhr steigert die Harnstoffausscheidung. Doch steht, wenigstens während der ersten 24 Beobachtungsstunden, die Steigerung der Ausscheidung nicht in einem directen Verhältniss zur Steigerung der Zufuhr.

5. Steigerung der *N*-Zufuhr vermehrt nicht nur am betreffenden, sondern auch noch am folgenden Tage die Harnstoffausscheidung. — Cfr. 1. II. 61. — 5. II. 61.

Hunger bewirkt noch für den folgenden Tag Minderung. — Cfr. 20—22. VI. 61.

In Beziehung auf die Erklärung, welche Bischoff und Voit allen diesen von ihnen auch beobachteten Verhältnissen geben, verweise ich auf ihr oft citirtes Werk.

6. Alle für den Harnstoff hier gefundenen Sätze gelten ebenfalls für die Harnsäure, mit der einzigen Ausnahme, dass bei *N*-freier Kost, wobei der Harnstoff das Minimum der Ausscheidung zeigte, die Harnsäure sich um Etwas über diesem hielt.

Wie der Harnstoff, so steigt und fällt die Harnsäure-Ausscheidung mit der Menge der *N*-Zufuhr,

7. und zwar scheint es, als ob beide in einer bestimmten Proportion ausgeschieden würden.

Die Bestimmungsmethode der Harnsäure, leider ohne die Correction von Zobelin und Neubauer angestellt, ist mit einem bestimmten Fehler behaftet, welcher alle gewonnenen Resultate etwas zu klein ausfallen lässt. Daher scheint es zu kommen, dass besonders bei geringen Harnsäurequantitäten, das Verhältniss plötzlich zu Gunsten des Harnstoffes steigt; während es sich bei grösseren Harnsäuremengen in ziemlich engen Grenzen bewegt, weil hier sich der Fehler der Methode weniger geltend machen kann.

Eine Ausnahme macht der Versuchstag 5. II. 61, an welchem in Folge einer enormen Fleischzufuhr am vorausgehenden Tage, die Harnsäuremenge noch mehr gesteigert erscheint als der Harnstoff.

Betrachten wir die Mittelzahlen aus einer Reihe von Einzelbeobachtungen, so ergiebt sich die Constanz der Proportion noch deutlicher.

Bei Hunger ist das Verhältniss im Mittel von zwei Beobachtungen wie 1 : 73.

Bei einer Beobachtung mit *N*-freier Kost wie 1 : 32.

Bei 15,22 Gramm $N$ im Mittel aus 7 Beobachtungen wie 1 : 49.

Bei 15,3 Gramm $N$ im Mittel aus 3 Beobachtungen wie 1 : 41.

Bei 18 Gramm $N$ im Mittel aus 8 Beobachtungstagen wie 1 : 45.

Bei 19,56 Gramm $N$ im Mittel aus 7 Beobachtungstagen wie 1 : 43.

In den Einzelbeobachtungen mit sehr bedeutender $N$-Zufuhr ist das Verhältniss wie

1 : 39, 1 : 46, 1 : 43 und 1 : 36.

Im allgemeinen Durchschnitt aus allen den vorliegenden Beobachtungen ergiebt sich das mittlere Verhältniss der Harnsäure-Ausscheidungsgrösse zu der des Harnstoffs wie 1 : 45.

Ich glaube annehmen zu dürfen, dass nur unter ganz besonderen Einflüssen — cfr. 5. II. 61. — sich dieses Verhältniss um ein Bedeutendes ändert. Die Verhältnisszahl ist jedoch sicher zu Gunsten des Harnstoffs etwas zu gross, was aus dem Grunde zu erklären ist, dass bei der Berechnung derselben die nach der negativen Seite procentisch ziemlich fehlerhaften Harnsäurebestimmungen bei sehr geringen Quantitäten derselben mit berücksichtigt wurden. Mit alleiniger Berücksichtigung der grösseren Harnsäuremengen rechnet sich das Verhältniss wie 1 : 43, was der Wahrheit vielleicht noch näher kommen würde.[1])

## 2. Kohlenstoffausscheidung durch Haut und Lungen.

1. Um die Grösse der $C$-Ausscheidung in der Respiration und ihre Schwankungen unter physiologischen Verhältnissen zu bestimmen, schien es wünschenswerth, dieselben unter den ganz gewöhnten uncontrolirten Bedingungen der alltäglichen Ernährungsweise zu untersuchen.

Es wurde darum die 24 stündige $C$-Ausscheidung durch Haut und Lungen bestimmt bei der gewöhnlichen Kost der gebildeten Stände. Folgende kleine Tabelle giebt die Resultate dieses Versuches.

| Datum. | K. Gewicht. | Harn CC. | $\dot{U}$ | $\bar{U}$ | $C$ der Respirat. | Kochsalz. | Koth. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10.VII. 61. | 73100 | 2380 | 40 | 0,53 | 215,7 | 22,4 | 0 |
| 11. | 72780 | | | | | | 503 |

1) Man vergleiche die Beobachtungen meines Bruders Prof. H. Ranke über Harnsäure-Ausscheidung. Habilitationsschrift. München 1858.

Die Gewichtsabnahme während des Versuchstages ist nur eine scheinbare, da von den 503 Gramm Koth 356 noch von den Tagen vor dem Versuchstage im Darme waren.

Wir finden demnach als Normalzahlen für die $C$-Ausscheidung durch Haut und Lungen in 24 Stunden und für die Ausscheidungen im Harne:

| für Haut und Lungen: | für den Harn: | |
|---|---|---|
| 791,1 Grm. $CO_2$ | 40 Grm. $\overset{+}{U}$ | = 18,85 $N$. |
| = 215,7 Grm. $C$. | 0,53 Grm. $\bar{U}$ | = 8,2 $C$. |

Die Gesammtmenge des ausgeschiedenen $C$ beträgt 223,9 Grm.

Das Verhältniss des $N$ zum $C$ in den Ausscheidungen beträgt:

1 : 12.

Während 24 Beobachtungsstunden scheidet 1 Kgrm. aus:

0,259 Grm. $N$ und 2,962 Grm. $C$.

2. Ganz analog diesem Versuche verhält sich der Versuch am 19. VI. 61. aus der vierten Versuchsreihe mit gleichbleibender Nahrungsaufnahme.

Hier wurden ausgeschieden:

| durch Haut und Lungen: | im Harne: | |
|---|---|---|
| 759,5 Grm. $CO_2$ | 31,3 $\overset{+}{U}$ | 14,84 Grm. $N$ |
| = 207 Grm. $C$. | 0,73 $\bar{U}$ | = 6,52 Grm. $C$. |

Die Gesammtmenge des ausgeschiedenen $C$ beträgt 213,52 Grm.

Das Verhältniss des $N$ zum $C$ in den Ausscheidungen beträgt:

1 : 14.

Während 24 Beobachtungsstunden schied bei einem Mittelgewicht von 73,85 Kgrm. 1 Kgrm. aus:

0,2 Grm. $N$ und 2,9 Grm. $C$.

3. Bei Hunger wurden 3 Versuchstage beobachtet.

a) 22. XI. 60. Es wurden bestimmt:

| in der Respiration: | im Harne: |
|---|---|
| 187? Grm. C. | 8,024 Grm. $N$, |
| | 3,65 Grm. $C$. |

b) 21. VI. 61. Es wurden gefunden:

| in der Respiration: | im Harne: |
|---|---|
| 662,9 Grm. $CO_2$ | 10,4 Grm. $N$. |
| = 180,8 Grm. $C$. | 4,46 Grm. $C$. |

Im Ganzen wurden 185,26 Grm. $C$ ausgeschieden.

Auf 1 Kgrm. berechnet war die 24stündige Ausscheidung:

0,1427 Grm. $N$ und 2,54 Grm. $C$.

$N : C = 1 : 17$.

c) 2. VII. 61 wurden gefunden:

| in der Respiration: | im Harne: |
|---|---|
| 663,5 Grm. $CO_2$ | 8,62 Grm. $N$. |
| = 180,9 „ $C$. | 3,75 „ $C$. |

Im Ganzen wurden 184,65 Grm. $C$ ausgeschieden. Auf 1 Kgrm. treffen: 0,12 Grm. $N$ und 2,572 Grm. $C$.

$N : C = 1 : 21$.

4. Bei nur stickstoffloser Nahrung wurde eine $C$-Bestimmung in der Athemluft gemacht. Es wurde gefunden:

| in der Respiration: | im Harne: |
|---|---|
| 735,2 Grm. $CO_2$ | 8,16 Grm. $N$. |
| = 200,5 „ $C$. | 3,6 „ $C$. |

Im Ganzen wurden 204,1 Grm. $C$ ausgeschieden. Auf 1 Kgrm treffen: 0,1124 Grm. $N$ und 2,775 Grm. $C$.

$N : C = 1 : 25$.

5. Ein Versuch wurde den 19. VII. 61 mit dem Genusse von 1832 Grm. Fleisch angestellt. Es wurde ausgeschieden:

| durch Haut und Lungen: | im Harne: |
|---|---|
| 847,5 Grm. $CO_2$ | 40,93 Grm. $N$. |
| = 231,1 „ $C$. | 17,96 „ $C$. |

Die Gesammtmenge des ausgeschiedenen $C$ betrug 249,06 Grm. in 24 Stunden. Auf 1 Kgrm. treffen:

0,5618 Grm. $N$ und 3,42 Grm. $C$.

$N : C = 1 : 6$.

6. Um womöglich das Maximum der $C$-Ausscheidung in der Respiration zu erfahren, wurde im Respirationsapparate die grösstmögliche Menge von Essen genossen, bis zum vollkommensten Ueberdrusse. Der Versuch begann den 16. VII. 61, Morgens 9 Uhr, und dauerte bis den folgenden Morgen 9 Uhr.

Die aufgenommene Nahrung wurde weder nach Qualität noch Quantität genau bestimmt. Besondere Rücksicht wurde auf den Genuss fetter Speisen und von Zucker und Amylaceen genommen.

Folgende kleine Tabelle giebt die Beobachtungsresultate.

| Datum. | K. Gew. | Harn CC. | $\dot{t}$ | $\bar{t}$ | C der Respiration. | Kochsalz |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16. VII. 61. | 73570<br>74870 | 2780 | 45,1 | 1,09 | **252,4** | 33,8 |

Es stellt sich in Folge des Versuches eine bedeutende Gewichtszunahme des Körpers heraus. Der Koth wurde nicht bestimmt, nehmen wir 300 Gramm an, so bleibt noch immer eine Körperzunahme von 1000 Gramm = 2 Pfund.

Trotz der Grösse des Mahles sehen wir die Harnstoffmenge nicht sehr bedeutend gesteigert. Die Harnsäuremenge geht proportional mit dem Harnstoff aufwärts. Das Verhältniss ist wie 1 : 41, der mittleren Verhältnisszahl demnach sehr nahe.

Die Kochsalzausscheidung ist sehr bedeutend: die höchste bei meinen Versuchen beobachtete!

Bei einem Mittelgewicht von 74,22 Kgrm. wurden in 24 Stunden ausgeschieden:

| durch Haut und Lungen: | im Harne: |
|---|---|
| 925,6 Grm. $CO_2$ | 21,4 Grm. $N$. |
| = 252,4 „ $C$. | 9,4 „ $C$. |

Die Gesammtmenge des ausgeschiedenen $C$ beträgt demnach:

261,8 Gramm.

Auf 1 Kgrm. treffen in 24 Stunden:

0,2883 Grm. $N$ und 3,527 Grm. $C$.

$N : C = 1 : 12$.

In folgender Tabelle sind die Beobachtungsresultate zusammengestellt.

| Datum. | K. Gewicht. | Nahrung. | $CO_2$ der Resp. | $C$ der Resp. | Gesammtmenge des | | 1 Kgrm. schied aus | | $N : C$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $C$ | $N$ | $C$ | $N$ | |
| 10.VII.61. | 72,68 | unbest. gem. | 791,1 | 215,7 | 223,9 | 18,85 | 2,926 | 0,259 | 1 : 12 |
| 19. VII. | 73,85 | best. gem. | 759,5 | 207 | 213,52 | 14,84 | 2,9 | 0,2 | 1 : 14 |
| 21. VII. | 72,87 | 0 | 662,9 | 180,8 | 185,26 | 10,4 | 2,54 | 0,1427 | 1 : 17 |
| 2. VII. | 71,79 | 0 | 663,5 | 180,9 | 184,65 | 8,62 | 2,572 | 0,12 | 1 : 21 |
| 24. VII. | 72,57 | $N$-lose Nahr. | 735,2 | 200,5 | 204,1 | 8,16 | 2,775 | 0,1124 | 1 : 25 |
| 19. VII. | 72,85 | 1832 G. Flsch. | 847,5 | 231,1 | 249,06 | 40,93 | 3,42 | 0,5618 | 1 : 6 |
| 16. VII. | 74,22 | Max. d. Nahr. | 925,6 | 252,4 | 261,8 | 21,4 | 3,527 | 0,2883 | 1 : 12 |

Während wir bei der *N*-Ausscheidung durch die Nieren Schwankungen von 8,16 bis zu 40,93 Gramm, wie 1 : 5, beobachten, so sehen wir dagegen die *C*-Ausscheidung durch Haut und Lungen in nur sehr geringen Grenzen schwanken: von 180,8 bis zu 252,4 Gramm in 24 Beobachtungsstunden. Das Minimum verhält sich zum Maximum der Ausscheidung wie 1 : 1,4.

In Folge dieser Schwankungen in der *N*-Ausscheidung und Constanz in der *C*-Abgabe sehen wir das Verhältniss dieser beiden Ausgaben in sehr weiten Grenzen sich bewegen.

Das Minimum ist 1 : 6; das Maximum 1 : 25.

Bemerkenswerth scheint, dass bei gemischter Kost von ganz verschiedenen Quantitäten der Aufnahmsgrössen das Ausscheidungsverhältniss beide Male 1 : 12 ist.

Ich enthalte mich vorerst weiterer Schlüsse, da die hier mitgetheilten Zahlen zur definitiven Feststellung eines Gesetzes der Respirationsausscheidung noch nicht ausreichen.

Als Mittelzahl für die Haut- und Lungenausscheidung eines gesunden ruhenden Menschenorganismus der angegebenen Constitution muss für das Erste die Grösse von:

211 Gramm *C*

betrachtet werden, als Maximalgrösse dieser Ausscheidung:

252,4 Gramm *C*.

## Anhang zum XI. und XII. Capitel.

### Analytische Belege und Methoden.

#### I. Harnstoffbestimmung.

Sie wurde nach der Liebig'schen Methode ausgeführt. Um ihre Genauigkeit unter meinen Händen zu prüfen, wurde folgender Versuch angestellt.

Es wurde bei gewöhnlicher Kost am 20. Februar 1861 von 9 Uhr Morgens bis zum folgenden Morgen 9 Uhr aller Harn aufgefangen: 3150 CC. sp. G. 1011.

1. Es wurden nach der Liebig'schen Methode vier verschiedene, stets frisch gemachte Proben untersucht, ohne Ausfällung des Chlors. Es ergaben sich für den Verbrauch an CC. der Quecksilberlösung:

| | | |
|---|---|---|
| I. | 10,5 CC. | in je 10 CC. Harn. |
| II. | 10,3 CC. | |
| III. | 10,6 CC. | |
| IV. | 10,6 CC. | |

Die grösste Differenz ist 10,3 — 10,6 CC. Die Schwankungen des Resultates betragen im Maximum 0,3 CC. Quecksilberlösung bei der Harnstoffbestimmung in 10 CC. Harn. Auf die ganze Harnmenge: 3150 CC., berechnet, beläuft sich der Fehler auf 94,5 CC. der Lösung. Da 1 CC. der Titrirflüssigkeit 0,01185 Grm. Harnstoff entspricht, so beträgt die Verschiedenheit des Gesammtresultates: 1,12 Grm. Harnstoff = 0,522 Grm. *N*.

2. Nach Ausfällung des Chlors mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyde erforderten 10 CC. Harn noch 9,2 CC. titrirter Quecksilberlösung, entsprechend: 0,10902 Grm. Harnstoff = 0,05088 Grm. *N*.

In 100 CC. desselben Harnes waren enthalten 0,0167 Grm. Harnsäure; in 10 CC. demnach 0,00167 Grm. mit einem *N*-Gehalte von 0,00056 Grm.

Harnstoff und Harnsäure zusammen enthielten demnach 0,05144 Grm. *N*.

3. 10 CC. Harn wurden über Glaspulver in der Luftpumpe getrocknet und im Verbrennungsrohr mit Natronkalk verbrannt. Das sich hierbei entwickelnde Ammoniak wurde in 20 CC. Schwefelsäure, von welcher 1 CC. 0,003927 Grm. *N* entsprach, aufgefangen.

Auf die Schwefelsäure war eine Natronlauge titrirt; 20 CC. derselben erforderten 21,8 CC. Natronlauge. Nach dem Auffangen des Ammoniaks waren noch zur Neutralisation erforderlich 7,6 CC. Natronlauge, es waren demnach 13 CC. Schwefelsäure neutralisirt, entsprechend

0,05105 Grm. *N*.

Die vorige Bestimmung ergab 0,05144 „ „

einen Ueberschuss von 0,00039 Grm. *N*.

Dieser scheinbar so minimale Unterschied ergiebt auf Rechnung der Harnstoff- und Harnsäurebestimmung auf die ganze Harnmenge 3150 CC. berechnet einen Ueberschuss von 0,122 Grm. $N = 0{,}26$ Grm. Harnstoff.

Berücksichtigt man die mögliche Fehlergrösse der Harnstoffbestimmung von 0,3 CC. der Titrirflüssigkeit, so vermag die Mehrbestimmung 0,65 Grm. *N* der Gesammtmenge des Harnes zu betragen.

Gefunden wurden

1. durch directe *N*-Bestimmung in 3150 CC. Harn: 16,08 Grm. *N*.
2. durch Titre mit Zurechnung der Harnsäure: { 16,20 „ „ / 16,73 „ „

Sowohl die Ungenauigkeit im Titriren selbst, als die Differenz der Resultate der *N*-Bestimmung nach den verschiedenen Resultaten vermag einen Unterschied der Resultate – Fehlerhaftigkeit derselben — bis zu 0,5 Grm. *N* im Maximum herbeizuführen.

## II. Harnsäurebestimmung.

Diese wurde von mir in den vorliegenden Versuchen in je 100 CC. Harn durch den Zusatz von je 5 CC. Salzsäure von demselben specifischen Gewichte und Wiegen der ausgefällten Säure auf einem getrockneten und gewogenen Filter von schwedischem Filtrirpapiere ohne weitere Correctur angestellt.

War der Harn sehr verdünnt, so wurde er vor dem Zusatz der Säure erst auf ein mittleres specifisches Gewicht eingedampft.

Vor dem Abfiltriren stand der Harn mit der Säure wenigstens 48 Stunden zusammen, um womöglich alle Harnsäure auszufällen. [1])

Obwohl die Methode nicht eine so sehr zu wünschende grosse Genauigkeit besitzt und ziemlich mühsam und zeitraubend ist, so wurde sie von mir doch als die für ausgedehntere Versuchsreihen allein anwendbare in Anwendung gezogen.

Uebrigens ist nach Beobachtungen, welche schon zur Zeit von Herrn Prof. Voit angestellt waren, der Versuchsfehler für die Einzelresultate ein ziemlich constanter, so dass die Resultate dadurch an ihrer Vergleichbarkeit nicht viel verlieren. Nur die kleinen Harnsäuremengen werden dadurch in ihrer Bestimmung ziemlich beträchtlich alterirt. Das fast vollständige Verschwinden der Harnsäure an einem der drei beobachteten Hungertage scheint mir mit ziemlicher Bestimmtheit nicht auf einem wirklichen Fehlen, sondern auf der Unmöglichkeit der sicheren Nachweisung ganz kleiner Mengen zu beruhen.

## III. Kochsalzbestimmungen.

Da nur ein Theil der zur Harnstoffbestimmung nöthigen Ausfällungen des Kochsalzes, resp. Chlors im Harne mit einer titrirten Silberlösung vorgenommen wurden, so wurden die wenigen gewonnenen Resultate nicht im Texte aufgeführt. Ich trage sie hier nach.

### 1. Versuchsreihe vom 15—22. Juni 61.

Die Speisen wurden je mit 10 Gramm Kochsalz zubereitet. Der Salzgehalt des Brodes war gleichbleibend, jedoch nicht bekannt.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 15. Juni: | | 13,8 | Grm. |
| 16. | ,, | 14,3 | ,, |
| 17. | ,, | 13,0 | ,, |
| 18. | ,, | 9,0 | ,, |
| 19. | ,, | 13,7 | ,, |
| 20. | ,, | 17,2 | ,, |
| 21. | ,, Hunger | 11,0 | ,, |
| 22. | ,, ,, | 4,8 | ,, |

1) H. Ranke: Ueber die Ausscheidung der Harnsäure. München 1858.

## 2. Einzelversuchstage.

2. Juli, Hunger: . . . . . 5,3 Grm.
10. „ Normaltag: . . . . . 22,4 „
16. „ Maximaltag: . . . . . 33,8 „
19. „ Fleischtag bei 31 Grm. Zufuhr: . . . . . 26,6 „
24. „ stickstoffloser Versuchstag, bei 12 Grm. Zufuhr: 5,5 „

## IV. Vergleichende Tabelle der specifischen Gewichte und festen Rückstände des Harnes.

| Datum. | Harnmenge in CC. | Specifisches Gewicht. | Fester Rückstand in % | Gesammtgewicht des festen Rückstandes. |
|---|---|---|---|---|
| 31. October 1860. | 1650 | 1018,5 | | |
| 1. November. | 1615 | 1021 | | |
| 2. | 2225 | 1015 | | |
| 3. | 2045 | 1017 | | |
| 4. | 1406 | 1020,5 | | |
| 5. | 1323 | 1022 | | |
| 6. | 1650 | 1018,5 | | |
| 7. Nov. Fleischtag II. | 2260 | 1023 | | |
| 22. Nov. Hungertag I. | 750 | 1020 | | |
| 4. December. | 1535 | 1017 | 3,397 | 52,14 |
| 5. | 1610 | 1016,5 | 3,552 | 57,19 |
| 6. | 2200 | 1013,5 | 3,942 | 86,72 |
| 26. Januar 1861. | 1549 | 1023 | 5,886 | 86,53 |
| 27. | 1990 | 1016 | 3,000 | 59,70 |
| 28. | 1520 | 1019 | 4,305 | 65,44 |
| 29. | 1560 | 1019 | 4,000 | 62,4 |
| 30. | 1350 | 1021 | 4,820 | 67,1 |
| 31. | 1732 | 1016 | 2,974 | 51,0 |
| 1. Febr. Schwitztag. | 1920 | 1014,5 | 2,406 | 46,2 |
| 2. | 1750 | 1016 | 3,290 | 57,6 |
| 3. Febr. Steig. d. Nahr. | 2000 | 1017 | 3,465 | 69,38 |
| 4. - Fleischtag III. | 2480 | 1018 | 3,730 | 92,5 |
| 5. | 1380 | 1021,5 | 5,448 | 75,2 |
| 15. Juni. | 2235 | 1013 | 2,371 | 53,0 |
| 16. | 1935 | 1014 | 2,610 | 50,5 |
| 17. | 1155 | 1023,5 | 4,502 | 52,4 |
| 18. | 1620 | 1016,5 | 3,475 | 56,3 |
| 19. | 1255 | 1020 | 4,709 | 58,0 |
| 20. | 1230 | 1022 | 4,830 | 59,4 |
| 21. Juni, Hungertag II. | 2234 | 1007,5 | 1,759 | 39,3 |
| 22. | 755 | 1026,5 | 7,881 | 59,5 |
| 2. Juli, Hungertag III. | 832 | 1016 | 3,004 | 25,0 |
| 10. - Normaltag. | 2380 | 1015 | 2,350 | 71,0 |
| 16. - Maximaltag. | 2780 | 1017 | 3,312 | 92,07 |
| 19. - Fleischtag I. | 3073 | 1020 | 4,317 | 132,71 |
| 24. - stickstofff. Kost | 758 | 1018 | — | — |
| Im Durchschnitt: | | 1015,35 | 3,809 | |

## V. Wasserbestimmungen.

| Datum. | Substanz. | Frische Substanz in Grm. | Bei 100° trockene Substanz in Grm. | Proc. an festen Theilen. | Proc. an Wasser. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Gebrat. Kuhfleisch | 1,1101 | 0,6230 | 55,85 | 44,15 |
| | ,, Rindfleisch | 4,4987 | 2,2978 | 51,07 | 48,93 |
| | ,, ,, | 2,1554 | 0,8330 | 39,106 | 60,894 |
| | ,, Kuhfleisch | 1,1384 | 0,4232 | 37,5 | 62,5 |
| | Brod, schwarz, ohne R. | 12,382 | 6,7381 | 54,41 | 45,59 |
| | ,, weiss, mit Rinde | 5,023 | 3,688 | 73,22 | 26,78 |
| | Gesammtes Ei | 9,3072 | 2,3189 | 24,9 | 57,1 |
| | ,, | 8,714 | 2,2755 | 26,1 | 73,9 |
| | ,, | 8,0222 | 2,0053 | 25 | 75 |
| | ,, | 5,3596 | 1,5118 | 28,2 | 71,8 |
| | Kartoffel | 13,0744 | 3,1494 | 24,1 | 75,9 |
| | ,, | 13,4522 | 3,5106 | 26,1 | 73,9 |
| | ,, | 9,5874 | 2,43398 | 25,5 | 74,5 |
| | Reis | 4,6723 | 4,1969 | 90 | 10 |
| | Kartoffelstärke | 1,9976 | 1,7243 | 86,32 | 13,68 |
| | Butter | 12,5120 | 11,5170 | 92,047 | 7,953 |
| | ,, | 9,6700 | 9,0757 | 93,85 | 6,15 |
| 31 Oct.-6.Nv.60. | Gemischter Koth | — | — | 33,56 | 66,44 |
| 4—7. Dec. 60. | ,, | — | — | 35 | 65 |
| 26.Jan.—2.Fbr. u. 5. Febr. 61. | ,, statt 795: 723 Grm. | 2,5837 | 0,9444 | 36,59 | 63,41 |
| 3. Febr. 61. | Gemischter Koth, statt 140: 105 Grm. | 3,2438 | 1,1598 | 35,80 | 64,2 |
| 15—23. Juni 61. | Gemischter Koth, statt 608: 500 Grm. | 2,8046 | 0,885 | 31,53 | 68,47 |
| 7. Nov. 60. | Fleischkoth | — | — | 26,72 | 73,28 |
| 4. Febr. 61. | Fleischkoth, statt 195: 184 Grm. | 3,5293 | 1,0677 | 30,25 | 69,76 |
| 19. Juli 61. | Fleischkoth, statt 99: 59 Grm. | 1,1298 | 0,5211 | 46,12 | 53,88 |
| 24. Juli 61. | Stärkekoth, statt 90: 88 Grm. | 2,8483 | 0,882 | 30,965 | 69,035 |

Anmerkung. Bei dem Kothe ist angegeben, um wie viel derselbe zwischen dem erstmaligen Nehmen des Gewichts und der chemischen Untersuchung durch Wasserverdunstung an Gewicht verloren hatte.

## VI. Aschebestimmungen.

| Datum. | Substanz. | Bei 100° trockene Substanz in Grm. | Asche in Grm. | Proc. Asche in der trockenen Substanz. |
|---|---|---|---|---|
| 31.Oct.—6.Nov. 60. | Gemischter Koth | 5,5945 | 0,966 | 11,9 |
| 4—7. Dec. 60. | ,, | 1,42 | 0,1647 | 11,8 |
| 26.Jan.—5.Febr.61. | ,, | 0,7209 | 0,0826 | 11,45 |
| 3. Febr. 61. | ,, | 1,0012 | 0,1216 | 12,14 |
| 7. Nov. 60. | Fleischkoth | 4,823 | 0,573 | 11,9 |
| 4. Febr. 61. | ,, | 0,8932 | 0,0995 | 11,14 |
| | Kartoffeln | — | — | 3,19 |
| | ,, | — | — | 2,85 |

## VII. Kohlenstoffbestimmungen.

Gemischter Koth. 15—23. Juni 1861.
0,1521 Grm., bei 100° getrocknet, ergaben 0,2603 Grm. $CO_2$ = 46,99% *C.*
Fleischkoth. 19. Juli 1861.
0,1713 Grm., bei 100° getrocknet, ergaben 0,3364 Grm. $CO_2$ = 54,7% *C.*
Stärke-Fettkoth. 24. Juli 1861.
0,244 Grm., bei 100° getrocknet, ergaben 0,4471 Grm. $CO_2$ = 54,8% *C.*

## VIII. Stickstoffbestimmungen.

Die bei 100° trockene Substanz wurde mit Natronkalk geglüht, das sich entwickelnde Ammoniak in 20 CC. einer verdünnten Schwefelsäure aufgefangen. 20 CC. dieser Säure enthielten 0,2244 Gramm Schwefelsäure. 1 CC. entsprach demnach bei der Neutralisation 0,003927 Gramm *N.*

Auf die Schwefelsäure war eine verdünnte Natronlauge titrirt, mit welcher zurücktitrirt wurde, wieviel von der Säure durch Ammoniak bei der Verbrennung neutralisirt worden sei.

Die folgende Tabelle enthält die Einzelresultate.

7. November 1860.
Rehfleisch = 13,6% *N* trocken, 3,305% frisch.
Rindfleisch, gebraten:
0,1032 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 20,9 CC. = 9,9% *N.*
Rindfleisch, gebraten:
0,1186 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 20,9 CC. = 11% *N.*
Brod, schwarz, ohne Rinde:
0,2962 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 19,8 CC. = 2,38% *N.*
Brod, weiss, mit Rinde:
0,2795 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 20,1 CC. = 2,2% *N.*
Reis, lufttrocken:
0,2378 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 20,9 CC. = 1,3% *N.*
Kartoffeln:
0,2723 Grm., statt 22 CC. Lauge = 20,5 CC. = 1,87% *N.*
0,4182 Grm., statt 22 CC. Lauge = 20,4 CC. = 1,31% *N.*
Gemischter Koth. 31. Oct. — 6. Nov. 1860 = 6,95% *N.*
Gemischter Koth. 4—7. Dec. 1860 = 5,7% *N.*
Gemischter Koth. 26. Januar bis 2. und 5. Februar 1861.
0,1235 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 19,8 CC. = 5,8% *N.*
Gemischter Koth. 3. Februar 1861.
0,1586 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 18,8 CC. = 6,8% *N.*
Gemischter Koth. 15. — 23. Juni 1861.
0,139 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 19,9 CC. = 5,03% *N.*

Fleischkoth. 7. November 1860. = 12,2 % *N*.
Fleischkoth. 4. Februar 1861.
0,1577 Grm., statt 21,8 CC. Lauge = 17,6 CC. = 9 % *N*.
Fleischkoth. 19. Juli 1861. = 11,97 % *N*.

## IX. Caseïnbestimmung in der Butter.

Die Butter wurde geschmolzen in Aether eingetragen und darin gelöst. Der von allem Fett befreite Rückstand wurde auf einem gewogenen Filter getrocknet bei 100° C., gewogen und als Caseïn in Rechnung gezogen.

16,11 Grm. Butter gaben 0,0755 trockenes Caseïn = 0,4686 % Caseïn,
9,4014 „ „ „ 0,1394 „ „ = 1,484 „
9,67 „ „ „ 0,073 „ „ = 0,750 „

## X. Nachtrag über Harn bei übermässiger Fleischnahrung.

Den 4. Februar 1861 wurden Mittags 1½ Uhr 1281 Grm. Ochsenfleisch gegessen.

Der Harn war von 4 Uhr Nachmittags bis 8 Uhr Abends stark alkalisch. Der folgende Morgenharn war stark sauer.

## XI. Nachtrag über Fleischkoth. Den 7. November 1860.

Bei der mikroskopischen Untersuchung bestand der Fleischkoth nur aus unverdauten Fleischfasern, theils wohl erhalten, theils in den verschiedensten Formen der Maceration und des Zerfalles. Wenige krystallinische Nadeln waren eingemischt.

Im gemischten Kothe waren die angegebenen Elemente auch, jedoch in weit geringerer Quantität neben Detritus etc. zu sehen.

## XII. Kohlenstoffbestimmungen mit dem Apparate des Herrn Prof. Pettenkofer, von diesem selbst und Herrn Prof. Voit geleitet.

In den folgenden Tabellen ist unter Gehalt des Barytwassers immer jene Menge von CC. der Normalsäure (1 CC. = 1 Mgrm. $CO_2$) zu verstehen, die man braucht, um 30 CC. Barytwassers zu neutralisiren. Die Zeichnung und Beschreibung des Apparates und Verfahrens siehe in den Abhandlungen der bayerischen Akademie der Wissenschaften, math.-physik. Cl., Bd. IX, Abth. II, S. 232—276.

## Versuch Nr. I.

| | Stunde | Minute | Tag | Monat und Jahr |
|---|---|---|---|---|
| Anf. d. Vers. | 9 | 15 | 19 | Juni 61. |
| Ende d. Vers. | 9 | 15 | 20 | ,, ,, |

Stand der Gasuhr zu Ende: 877134
,, ,, ,, ,, Anfang: 860260

| | Engl. Cubikfuss |
|---|---|
| Durchgeströmte Luftmenge | 16874 |
| Correction für Temperatur | 84,4 |
| ,, ,, Wasserdunst | 35,7 |
| Gesammtmenge | 16994,1 |
| In Litern ausgedrückt | 481188 |

Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen.

Zur Versuchsreihe Nr. IV. mit Einfuhr gleichbleibender Nahrungsmengen. Den 15. Juni 1860.

| | |
|---|---|
| Kohlensäure in der durchgeströmten Luft . . . . | 740,6 Gr. |
| Rückständige Kohlensäure in der Kammer . . . . . | 18,9 ,, |
| Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . . | 759,5 ,, |
| Darin enthaltener Kohlenstoff | 207 ,, |

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 92,1—92,2
,, ,, ,, ,, ,, kurzen ,, ,, ,, ,, 31,9—31,9

### Untersuchung

der einströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge 127,7 Liter.

| Barytwasser | Vol. in CC. | Gehalt nach d. Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
|---|---|---|---|---|
| Lg. Röhr. | 90 | 67,6<br>67,6 | 73,5 | 0,5755 |
| Ks. Röhr. | 90 | 31,8<br>31,8 | 0,3 | |

der abströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge 134,2 Liter.

| Barytwasser | Vol. in CC. | Gehalt nach d. Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
|---|---|---|---|---|
| Lg. Röhr. | 90 | 29,3 | 282,6 | 2,1147 |
| Ks. Röhr. | 90 | 31,5<br>31,5 | 1,2 | |

Kohlensäuredifferenz in 1000 Lit. der ein- und abströmenden Luft 1,5392 Grm.
,, ,, ,, ,, d. rückständ. Luft in d. Kammer 1,5755 ,,

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

| Zeit der Beobachtung. | Gasuhren [1]) a. | b. | A. | c. |
|---|---|---|---|---|
| 11 Uhr | 20,9 | 28,9 | 19,7 | 27,3 |
| 1 ,, | 21,4 | 21,3 | 20 | 29,2 |
| 3 ,, | 22,4 | 22,2 | 20,5 | 31,1 |
| 5 ,, | 23,4 | 23,1 | 21,1 | 32,5 |
| 7 ,, | 23,8 | 23,3 | 21,4 | 32,4 |
| 9 ,, | 22,9 | 22,8 | 21,0 | 29,6 |
| 11 ,, | 22,2 | 22,1 | 20,7 | 28,1 |
| 1 ,, | 21,5 | 21,5 | 20,4 | 26,1 |
| 3 ,, | 20,9 | 20,9 | 20,1 | 26,1 |
| 5 ,, | 20,6 | 20,6 | 19,9 | 25,1 |
| 7 ,, | 20,8 | 20,8 | 19,9 | 27,4 |
| 9 ,, | 21,2 | 21,2 | 20,2 | 29,5 |
| Zusamm. | 262,0 | 260,6 | 244,9 | 344,1 |
| Mittel | 21,8 | | 20,4 | 28,7 |

In diesem Versuche wurde gleichzeitig die Menge der Kohlenwasserstoffe in der Luft, die durch die Kammer gegangen, bestimmt. Da nicht gleichzeitig der Gehalt der einströmenden Luft bestimmt wurde, lassen die Zahlen keine Verwerthung zu. Sie zeigen nur, wie gering die Menge dieser Stoffe im Ganzen ist.

6,28 Cubikfuss = 156,1 Liter.

Auf die Temperatur und den Dunstdruck von a berechnet: 150,2 Lit.

Röhre vor: 31,9, nach: 31,0—31,1.

In 1000 Litern: 0,0159 Grm. $CO_2$.

In 481188 Litern: 7,6 Grm. $CO_2$.

Die Gesammtmenge v. *C* in d. Kohlenwasserstoffen beträgt demnach: 2,0 Gr. *C*.

1) In der kleinen Gasuhr a wurde die Probe der einströmenden, in b der abströmenden, in c der abströmenden und geglühten Luft gemessen. A ist das Thermometer der grossen Gasuhr.

## Versuch Nr. II.

| | Stunde | Minute | Tag | Monat und Jahr | Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|
| Anf. d. Vers. | 9 | 2 | 21 | Juni 61. | Hunger. |
| Ende d. Vers. | 9 | 2 | 22 | ,, ,, | |

Stand der Gasuhr zu Ende: 895209
,, ,, ,, ,, Anfang: 877165

| | Engl. Cubikfuss |
|---|---|
| Durchgeströmte Luftmenge | 18044 |
| Correction für Temperatur | 126,3 |
| ,, ,, Wasserdunst | 59,7 |
| Gesammtmenge | 18230 |
| In Litern ausgedrückt | 516239 |

| | |
|---|---|
| Kohlensäure in der durchgeströmten Luft . . . . | 647,5 Gr. |
| Rückständige Kohlensäure in der Kammer . . . . . | 15,4 ,, |
| Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . . | 662,9 ,, |
| Darin enthaltener Kohlenstoff | 180,8 ,, |

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 92,2.
,, ,, ,, ,, ,, kurzen ,, ,, ,, ,, 31,9.

### Untersuchung der einströmenden Luft.

Untersuchte Luftmenge: 140,0 Liter.

| Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
|---|---|---|---|
| Lg. Röhr. | 35 | 88,5 | 0,6407 |
| | 73,1 | | |
| | 30 | | |
| | 62,7 | | |
| Kz. Röhr. | 61,6 | 1,2 | |

### Untersuchung der abströmenden Luft.

Untersuchte Luftmenge: 129,5 Liter.

| Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
|---|---|---|---|
| Lg. Röhr. | 37,8 | 244,8 | 1,8996 |
| | 37,8 | | |
| Kz. Röhr. | 31,7 | 0,6 | |
| | 31,7 | | |

Kohlensäuredifferenz in 1000 Lit. der ein- und abströmenden Luft: 1,2542 Grm.
,, ,, ,, ,, d. rückständ. Luft in d. Kammer: 1,2940 ,,

### Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

| Zeit der Beobachtung | Gasuhren. a. | b. | A. | c. |
|---|---|---|---|---|
| 11 Uhr | 24,0 | 24,0 | 22,2 | 31,6 |
| 1 ,, | 24,9 | 24,8 | 22,7 | 33,1 |
| 3 ,, | 26,0 | 25,9 | 23,4 | 34,2 |
| 5 ,, | 26,8 | 26,6 | 23,8 | 34,8 |
| 7 ,, | 26,5 | 26,4 | 23,9 | 34,3 |
| 9 ,, | 25,7 | 25,6 | 23,5 | 30,2 |
| 11 ,, | 25,4 | 25,4 | 23,4 | 29,2 |
| 1 ,, | 25,0 | 25,0 | 23,2 | 28,6 |
| 3 ,, | 24,6 | 24,5 | 22,9 | 27,8 |
| 5 ,, | 24,1 | 24,0 | 22,7 | 25,0 |
| 7 ,, | 23,9 | 23,8 | 22,6 | 26,8 |
| 9 ,, | 24,1 | 24,0 | 23,5 | 27,1 |
| Zusamm. | 301,0 | 300,0 | 277,8 | 362,7 |
| Mittel | 25,0 | 25,0 | 23,15 | 30,22 |

Auch hier wurden in der abströmenden Luft die Kohlenwasserstoffe bestimmt.

6,39 Cubikfuss = 158,8 Liter.
Correct. für Temper. = 155,9 Liter.
Correct. f. Wasserd. = 154,1 Liter.
Gehalt der Röhre = 30,9—31,0
= 2,7.
In 1000 Litern 0,0175 Grm. $CO_2$.
In 516239 Lit. 9,0 Grm. $CO_2$
= 2,4 Grm. *C*.
Für die Kammer im Durchschnitt noch 0,05 Grm. *C*. mehr.

## Versuch Nr. III.

| | Stunde | Minute | Tag | Monat und Jahr | Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|
| Anf. d. Vers. | 9 | 14 | 2 | Juli 61. | Hunger. |
| Ende d. Vers. | 9 | 11 | 3 | „ „ | |

Stand der Gasuhr zu Ende: 912896
„ „ „ „ Anfang: 895375

| | Engl. Cubikfuss | | |
|---|---|---|---|
| Durchgeströmte Luftmenge | 17521 | Kohlensäure in der durchgeströmten Luft . . . . | 647,5 Gr. |
| Correction für Temperatur | 12,2 | Rückständige Kohlensäure in der Kammer . . . . . | 16,0 „ |
| „ „ „ Wasserdunst | 4,8 | Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . . | 663,5 „ |
| Gesammtmenge | 17538 | Darin enthaltener Kohlenstoff | 180,9 „ |
| In Litern ausgedrückt | 496588 | | |

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 66,7.
„ „ „ „ „ kurzen „ „ „ „ 29,8—29,8.

### Untersuchung

| der einströmenden Luft. | | | | der abströmenden Luft. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Untersuchte Luftmenge: 133,4 Liter. | | | | Untersuchte Luftmenge: 125,2 Liter. | | | |
| Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. | Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
| Lg. Röhr. | 66,7 | 71,1 | 0,5374 | Lg. Röhr. | 39,5<br>39,5 | 229,05 | 1,8410 |
| Kz. Röhr. | 29,8<br>29,8 | 0,6 | | Kz. Röhr. | 29,5<br>29,5 | 1,5 | |

Kohlensäuredifferenz in 1000 Lit. der ein- und abströmenden Luft: 1,3040 Gr.
„ „ „ „ „ rückständ. Luft in d. Kammer: 1,336 „

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

| Zeit der Beobachtung. | Gasuhren. a. | b. | A. | c. |
|---|---|---|---|---|
| 11 Uhr | 15,9 | 15,9 | 16,2 | |
| 1 „ | 16,2 | 16,2 | 16,2 | |
| 3 „ | 17,0 | 16,8 | 16,5 | |
| 5 „ | 17,7 | 17,3 | 16,9 | |
| 7 „ | 17,0 | 16,8 | 16,6 | |
| 9 „ | 16,3 | 16,6 | 16,8 | |
| 11 „ | 16,8 | 16,7 | 16,3 | |
| 1 „ | 16,5 | 16,4 | 16,2 | |
| 3 „ | 16,2 | 16,2 | 16,0 | |
| 5 „ | 16,0 | 16,0 | 15,8 | |
| 7 „ | 15,9 | 15,9 | 15,7 | |
| 9 „ | 15,9 | 16,0 | 15,7 | |
| Zusamm. | 197,4 | 196,8 | 193,9 | |
| Mittel | 16,4 | 16,4 | 16,2 | |

## Versuch Nr. IV.

| | Stunde | Minute | Tag | Monat und Jahr | Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|
| Anf. d. Vers. | 9 | 19 | 10 | Juli 61. | Normaltag. |
| Ende d. Vers. | 9 | 19 | 11 | „ „ | |

Stand der Gasuhr zu Ende: 936112.
„ „ „ „ Anfang: 919336.

| | Engl. Cubikfuss |
|---|---|
| Durchgeströmte Luftmenge | 16776 |
| Correction für Temperatur | 16,7 |
| „ „ Wasserdunst | 6,5 |
| Gesammtmenge | 16799,2 |
| In Litern ausgedrückt | 475669 |

| | |
|---|---|
| Kohlensäure in der durchgeströmten Luft . . . . | 771,2 Gr. |
| Rückständige Kohlensäure in in der Kammer . . . . | 19,9 „ |
| Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . . | 791,1 „ |
| Darin enthaltener Kohlenstoff | 215,7 „ |

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 90,7—90,7.
„ „ „ „ „ kurzen „ „ „ „ 30,1—30,1.

### Untersuchung

| der einströmenden Luft. | | | | der abströmenden Luft. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Untersuchte Luftmenge: 119,5 Liter. | | | | Untersuchte Luftmenge: 146,7 Liter. | | | |
| Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. | Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
| Lg. Röhr. | 63,2<br>63,3 | 82,2 | 0,6904 | Lg. Röhr. | 16,4<br>16,4 | 334,35 | 2,3118 |
| Kz. Röhr. | 29,9<br>30,0 | 0,3 | | Kz. Röhr. | 28,5<br>28,5 | 4,80 | |

Kohlensäuredifferenz in 1000 Litern der ein- und abströmenden Luft: 1,6214 Gr.
„ „ „ „ „ rückständ. Luft in d. Kammer: 1,6633 „

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

| Zeit der Beobachtung | Gasuhren. a. | b. | A. | c. |
|---|---|---|---|---|
| 11 Uhr | 17,8 | 17,8 | 17,6 | |
| 1 „ | 17,8 | 17,8 | 17,5 | |
| 3 „ | 17,8 | 17,8 | 17,5 | |
| 5 „ | 17,5 | 17,5 | 17,3 | |
| 7 „ | 17,4 | 17,4 | 17,2 | |
| 9 „ | | | | |
| 11 „ | 17,4 | 17,4 | 17,1 | |
| 1 „ | 17,4 | 17,4 | 17,1 | |
| 3 „ | 17,4 | 17,5 | 17,0 | |
| 5 „ | 17,4 | 17,4 | 17,0 | |
| 7 „ | 17,4 | 17,5 | 17,0 | |
| 9 „ | 17,6 | 17,6 | 16,9 | |
| Summe | 192,9 | 193,1 | 189,2 | |
| Mittel | 17,5 | 17,5 | 17,2 | |

## Versuch Nr. V.

| | Stunde | Minute | Tag | Monat und Jahr | Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|
| Anf. d. Vers. | 9 | 5 | 16 | Juli 61. | Maximaltag. |
| Ende d. Vers. | 9 | 5 | 17 | „ „ | |

Stand der Gasuhr zu Ende: 953303.
„ „ „ „ Anfang: 936260.

| | Engl. Cubikfuss |
|---|---|
| Durchgeströmte Luftmenge | 17043 |
| Correction für Temperatur | 11,9 |
| „ „ Wasserdunst | 4,7 |
| Gesammtmenge | 17059,6 |
| In Litern ausgedrückt | 483042 |

| | |
|---|---|
| Kohlensäure in der durchgeströmten Luft . . . . | 902,7 Gr. |
| Rückständige Kohlensäure in der Kammer . . . . . | 22,9 „ |
| Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . . | 925,6 „ |
| Darin enthaltener Kohlenstoff | 252,4 „ |

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 90,6—90,6.
„ „ „ „ „ kurzen „ „ „ „ 30,2—30,2.

### Untersuchung

der einströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge: 138,4 Liter.

| Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
|---|---|---|---|
| Lg. Röhr. | 66,2 | 72,6 | 0,5311 |
| | 66,4 | | |
| Kz. Röhr. | 29,9 | 0,9 | |
| | 29,9 | | |

der abströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge: 135,5 Liter.

| Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
|---|---|---|---|
| Lg. Röhr. | 18,6 | 324,0 | 2,4000 |
| | 18,6 | | |
| Kz. Röhr. | 28,8 | 1,2 | |
| | 28,8 | | |

Kohlensäuredifferenz in 1000 Litern der ein- und abströmenden Luft: 1,869 Gr.
„ „ „ „ „ rückständ. Luft in d. Kammer: 1,916 „

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

| Zeit der Beobachtung | Gasuhren. a. | b. | A. | c. |
|---|---|---|---|---|
| 11 Uhr | 19,5 | 19,6 | 19,3 | |
| 1 „ | 19,4 | 19,4 | 19,1 | |
| 3 „ | 19,5 | 19,4 | 19,0 | |
| 5 „ | 20,3 | 20,1 | 19,5 | |
| 7 „ | 20,0 | 20,0 | 19,4 | |
| 9 „ | 19,5 | 19,4 | 19,1 | |
| 11 „ | 18,9 | 18,9 | 18,7 | |
| 1 „ | 18,5 | 18,5 | 18,5 | |
| 3 „ | 18,2 | 18,2 | 18,3 | |
| 5 „ | 18,2 | 18,3 | 18,2 | |
| 7 „ | 18,2 | 18,2 | 18,1 | |
| 9 „ | 18,6 | 18,6 | 18,2 | |
| Summe | 228,5 | 228,6 | 225,4 | |
| Mittel | 19,0 | 19,0 | 18,8 | |

## Versuch Nr. VI.

| | Stunde | Minute | Tag | Monat und Jahr | Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|
| Anf. d. Vers. | 9 | 15 | 19 | Juli 61. | Fleischtag. |
| Ende d. Vers. | 9 | 15 | 20 | „ „ | |

Stand der Gasuhr zu Ende: 972220.
„ „ „ „ Anfang: 953375.

| | Engl. Cubikfuss |
|---|---|
| Durchgeströmte Luftmenge | 18845 |
| Correction für Temperatur | 88,5 |
| „ „ Wasserdunst | 36,9 |
| Gesammtmenge | 18970,4 |
| In Litern ausgedrückt | 537146 |

| | |
|---|---|
| Kohlensäure in der durchgeströmten Luft . . . . | 828,6 Gr. |
| Rückständige Kohlensäure in der Kammer . . . . . | 18,9 „ |
| Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . . | 847,5 „ |
| Darin enthaltener Kohlenstoff | 231,1 „ |

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 90,1—90,1.
„ „ „ „ „ kurzen „ „ „ „ 30,0—30,0.

### Untersuchung

der einströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge: 136,2 Liter.

| Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
|---|---|---|---|
| Lg. Röhr. | 55,9<br>55,9 | 102,6 | 0,7555 |
| Kz. Röhr. | 29,9<br>29,9 | 0,3 | |

der abströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge: 139,9 Liter.

| Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
|---|---|---|---|
| Lg. Röhr. | 19,0<br>19,05 | 319,72 | 2,2982 |
| Kz. Röhr. | 29,4<br>29,4 | 1,8 | |

Kohlensäuredifferenz in 1000 Litern der ein- und abströmenden Luft: 1,5427 Gr.
„ „ „ „ „ rückständ. Luft in d. Kammer: 1,5779 „

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

| Zeit der Beobachtung. | Gasuhren. a. | b. | A. | c. |
|---|---|---|---|---|
| 11 Uhr | 20,6 | 20,6 | 19,7 | 26,5 |
| 1 „ | 20,9 | 20,9 | 19,8 | 27,6 |
| 3 „ | 21,8 | 21,6 | 20,2 | 32,0 |
| 5 „ | 23,0 | 22,7 | 20,7 | 31,0 |
| 7 „ | 23,0 | 22,8 | 20,9 | 30,2 |
| 9 „ | 22,2 | 22,1 | 20,6 | 29,2 |
| 11 „ | 21,3 | 21,4 | 20,1 | 26,1 |
| 1 „ | 21,5 | 21,5 | 20,2 | 23,1 |
| 3 „ | 21,3 | 21,4 | 20,2 | 21,7 |
| 5 „ | 21,2 | 21,2 | 20,1 | 21,3 |
| 7 „ | 20,7 | 20,7 | 19,7 | 25,9 |
| 11 „ | 20,8 | 20,9 | 19,9 | 27,7 |
| Summe | 258,3 | 257,8 | 242,1 | 322,3 |
| Mittel | 21,5 | 21,48 | 20,17 | 26,8 |

Kohlenwasserstoffe:
4,34 Cubikfuss = 107,9 Liter.
Correct. f. Temperat. = 105,8 „
„ f. Wasserd. = 104,8 „
= 1,95 „
Gehalt der Röhre . = 29,9 „
In 1000 Liter . . . = 0,0186 L. $CO_2$
= 2,7 L. *C*.

## Versuch Nr. VII.

| | Stunde | Minute | Tag | Monat und Jahr | Nahrung und Getränke des Versuchsobjectes und sonstige Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|
| Anf. d. Vers. | 9 | 8 | 24 | Juli 61. | Stärketag. |
| Ende d. Vers. | 9 | 8 | 25 | „ „ | |

Stand der Gasuhr zu Ende: 989975.
„ „ „ „ Anfang: 972280.

| | Engl. Cubikfuss |
|---|---|
| Durchgeströmte Luftmenge | 17695 |
| Correction für Temperatur | 44,2 |
| „ „ Wasserdunst | 19,8 |
| Gesammtmenge | 17759 |
| In Litern ausgedrückt | 5028406 |

| | |
|---|---|
| Kohlensäure in der durchgeströmten Luft . . . . | 717,66 Gr. |
| Rückständige Kohlensäure in der Kammer . . . . . | 17,54 „ |
| Gesammtmenge der gefundenen Kohlensäure . . . | 735,2 „ |
| Darin enthaltener Kohlenstoff | 200,5 „ |

Gehalt des Barytwassers in den langen Röhren vor dem Versuche: 90,6—90,7.
„ „ „ „ „ kurzen „ „ „ „ 30,1—30,2.

### Untersuchung

der einströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge: 135,95 Liter.

| Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
|---|---|---|---|
| Lg. Röhr. | 64,3<br>64,4 | 78,9 | 0,5825 |
| Kz. Röhr. | 30,0<br>30,1 | 0,3 | |

der abströmenden Luft. Untersuchte Luftmenge: 133,75 Liter.

| Barytwasser | Gehalt nach dem Versuch | Kohlensäure in Mgrm. | Kohlensäure in 1000 L. in Grm. |
|---|---|---|---|
| Lg. Röhr. | 31,3<br>31,3 | 267,3 | 2,0097 |
| Kz. Röhr. | 29,7<br>29,7 | 1,5 | |

Kohlensäuredifferenz in 1000 Litern der ein- und abströmenden Luft: 1,4272 Gr.
„ „ „ „ „ rückständ. Luft in d. Kammer: 1,4621 „

Thermometer an den Gasuhren, nach Celsius.

| Zeit der Beobachtung. | Gasuhren. a. | b. | A. | c. |
|---|---|---|---|---|
| 11 Uhr | 21,8 | 22,7 | 22,2 | 24,8 |
| 1 „ | 22,9 | 22,8 | 22,2 | 25,6 |
| 3 „ | 23,0 | 22,9 | 22,2 | 26,1 |
| 5 „ | 22,9 | 22,8 | 22,1 | 26,6 |
| 7 „ | 22,9 | 22,7 | 22,0 | 26,4 |
| 9 „ | 22,8 | 22,6 | 21,9 | 24,8 |
| 11 „ | 22,6 | 22,6 | 21,8 | 23,9 |
| 1 „ | 22,3 | 22,3 | 21,6 | 24,2 |
| 3 „ | 22,1 | 22,1 | 21,4 | 24,2 |
| 5 „ | 21,8 | 21,9 | 21,2 | 23,2 |
| 7 „ | 21,8 | 21,8 | 21,1 | 25,0 |
| 9 „ | 21,8 | 21,8 | 21,1 | 26,4 |
| Summe | 269,7 | 269,0 | 269,8 | 301,2 |
| Mittel | 22,47 | 22,41 | 21,73 | 25,1 |

**Ammoniakbestimmung in der abströmenden Luft:**

4,05 Cubikfuss = 100,7,
Correction für Temperatur = 99,7,
„ „ Wasserdunst = 99,2,

$\bar{O}x$ m. 30 CC. schwachen Barytwassers = 30,5, = 0,695 Mgrm. Ammoniak.
In 1000 Lit. = 0,007 Gr. Ammoniak.
In 502846 „ = 3,52 „ „
= 2,9 „ Stickstoff.

Aus dieser Ammoniakbestimmung kann, da sie in der abströmenden Luft allein vorgenommen wurde, auf eine Ammoniak-Ausscheidung des Körpers oder auf deren quantitative Verhältnisse nicht geschlossen werden.

Eine wenige Tage später vorgenommene Bestimmung in der einströmenden Luft ergab fast absolut genau die gleiche Ammoniakmenge.

## Dreizehntes Capitel.

# Die Ausscheidungen des thierischen Organismus unter dem Einflusse der Muskelarbeit.

### § 1.

**Ist ein Einfluss der Muskelarbeit auf die Ausscheidungen des thierischen Organismus zu erwarten?**

Wenn wir die Resultate unserer Untersuchung des Muskels überblicken, so scheint für den ersten Blick ein entschiedener Einfluss der Muskelaction auf die Ausscheidungen des Organismus als ein Vernunftpostulat.

Betrachten wir aber die Verhältnisse etwas eingehender, um etwaigen Selbsttäuschungen zu entgehen.

Der Tetanus ist mit einer Steigerung der Oxydationsvorgänge im Muskel verbunden. Wir sehen im Tetanus die auf Oxydationen beruhenden Zersetzungsvorgänge im Muskel gesteigert: aus einem nicht unbeträchtlichen Theil der schlecht diffundirbaren Muskelstoffe werden leicht diffundirbare Substanzen durch diesen Vorgang erzeugt. Diese Substanzen häufen sich zum Theil in dem Muskel für einige Zeit an, zum anderen Theil gehen sie nach den nothwendigen Gesetzen der Diffusion in die umgebenden Flüssigkeiten (die Lymphe und das Blut) über, nach einiger Zeit werden sie in dem Blute in entsprechender Menge wie im Muskel aufgehäuft sein. Wir haben experimentell erwiesen, dass das Blut wirklich nach dem Tetanus reicher sei als vor demselben an festen Stoffen, die offenbar nur aus dem Muskel stammen können.

Es ist klar, dass wenn das Blut mehr diffundirbare und leicht verbrennliche Substanzen, wie die sind, welche es durch den Tetanus zu-

geführt erhält, in sich vereinigt, dass einerseits die Oxydationsvorgänge, andererseits die Ausscheidungsvorgänge eine Steigerung erfahren müssen.

Diesen Auseinandersetzungen gemäss sollte man also eine Vermehrung der in der Zeiteinheit von dem Organismus gelieferten Ausscheidungsproducte — ich meine speciell Kohlenstoff und Stickstoff — erwarten.

Doch fällt uns sogleich ein, dass wir eine Hemmungseinrichtung der Oxydation im Muskel in Folge gerade der Steigerung der Oxydationsvorgänge durch den Tetanus schon kennen gelernt haben.

Wir haben im zweiten Capitel gesehen, dass die Oxydationsvorgänge im Muskel sich richten nach dem Verhältnisse des Muskelwassers zu den festen Muskelstoffen. Je grösser der Gehalt an festen Stoffen des Muskels ist, um so grösser sahen wir sein Zersetzungsvermögen für Stoffe im Tetanus; mit der Zunahme des Wassers sahen wir Hand in Hand eine Abnahme dieses genannten Vermögens.

Den Tetanus des Muskels im lebenden Thiere sahen wir mit einer Steigerung des Wassergehaltes des Muskels verbunden. Wir sind dadurch genöthigt anzunehmen, dass der Steigerung der Oxydationsvorgänge im Muskel während des Tetanus, nach seinem Verschwinden ein Zustand der Verminderung der Oxydationsprocesse auf dem Fusse folge.

Wir werden später noch einen weiteren Grund für diese Verminderung auffinden.

Was muss der Effect dieser Abwechselung von Mehr und Minder in der Oxydation im Muskel sein?

Es ist keine Frage, dass wir daraus uns die Möglichkeit ableiten können, dass die Muskelarbeit mit gar keiner Veränderung der Quantität der Ausscheidungsstoffe des thierischen Organismus verknüpft sein könne. Wenn die Verminderung nach dem Tetanus der Vermehrung der Oxydation während des Tetanus im Muskel genau entsprechen würde, so dürften bei Betrachtung eines grösseren Zeitraumes die Ausscheidungen durch den Tetanus keine wahrnehmbare Veränderung in ihrer Quantität zeigen.

Bei kleineren Zeiträumen der Beobachtung liessen sich vielleicht noch eher Unterschiede erwarten; man könnte auf eine Periode der Steigerung eine Periode der Verminderung sich eintretend denken. Aber da die normalen Leistungen des Muskels stets nur von sehr kurzer Dauer

sind, da sie stets mit einer Periode der Ruhe abwechseln, so ist mit ziemlicher Bestimmtheit ein solcher wahrnehmbarer Einfluss der Muskelleistung auf die Kohlenstoff- und Stickstoffausscheidung des Organismus auch nicht zu erwarten. —

Die in der Einleitung schon besprochenen glänzenden Untersuchungen von C. Voit haben mit aller Sicherheit erwiesen, dass durch Muskelarbeit keine Steigerung der Stickstoffausscheidung eintrete, wenn man die Ausscheidungen des arbeitenden Organismus während eines grösseren Zeitraumes — 24 Stunden — betrachtet.

Es sind von einigen Seiten Einwendungen gegen dieses Resultat gemacht worden.

Man vermuthete einen Einfluss der Muskelarbeit auf die Ausscheidungen wahrnehmen zu können, wenn man kleinere Zeiträume mit einander verglich.

Es ist leicht einzusehen, dass mit dieser Annahme nicht viel gewonnen ist.

Die Untersuchungen von C. Voit haben unweigerlich zum ersten Male ergeben, dass die Gesammtgrösse der Zersetzungen des Organismus unabhängig sei von den Einflüssen der Muskelarbeit. Sie haben ergeben, dass die Muskelarbeit die Gesammtsumme von zersetzbarem Stoffe und damit das disponible Kraftquantum im Organismus nicht vermehrt. Dieser äusserst wichtige Satz, den alle meine angestellten Beobachtungen gleichfalls bestätigen, kann durch ein etwaiges Auffinden einer momentanen Steigerung der Ausscheidungen des Organismus nicht beeinträchtigt werden. Er steht für alle Zeiten fest und muss als eine der schönsten Errungenschaften der experimentellen Forschung auf dem Gebiete der Physiologie angesehen werden, um so mehr, da er alt eingerostete oberflächliche Ansichten, welche mit anderen, geltenden Theorien im Einklange scheinend, die Forschung hemmten, widerlegte und dadurch von neuem das Interesse und die Forschung dieser wichtigen Frage zuwendete.

Für die Kohlenstoffausscheidung scheinen andere Gesetze zu gelten als für die Stickstoffabgabe. Es haben alle exact angestellten Versuche eine Steigerung der ersteren ergeben. Es wird sich fragen, ob diese Steigerung vielleicht nur eine momentane aber in grösseren Zeiträumen erst sich ausgleichende sei. Vielleicht folgt auf eine Steige-

rung der Kohlenstoffabgabe aber erst später als in 24 Stunden eine entsprechende Abnahme — Prout. — Es scheint mir dies auf's Aeusserste wahrscheinlich und es müsste sich diese Frage leicht mit den vollkommenen Mitteln der Untersuchung, die C. Voit und M. Pettenkofer zu Gebote stehen, entscheiden lassen.

Es steht doch sicher im Organismus die Oxydationsgrösse im Verhältniss zum oxydirbaren Stoffe. Hat irgend ein Umstand während eines Zeitabschnittes mehr von den oxydirbaren Stoffen verbraucht, so wird, wenn nicht übermässiger Ersatz des Verbrauchten von aussen stattfindet, der folgende Zeitabschnitt weniger oxydirbare Substanzen vorfinden, es muss danach eine Abnahme der Oxydation eintreten.

Die Versuche, die ich nach dieser Richtung angestellt habe, theile ich nur aus dem Grunde mit, weil mir jeder Beitrag zu der wichtigen vorliegenden Frage, wenn er auf Exactheit Anspruch machen kann, von Wichtigkeit scheint. Es ist klar, dass ich damit der definitiven Erledigung des Gegenstandes, die von der Seite ausgehen muss, welche die Frage überhaupt in die Wissenschaft geworfen hat, nicht vorgreife.

So wende ich mich zur Darstellung dieses Theiles meiner Untersuchung, der in den nächsten beiden Paragraphen dargelegt werden soll.

## § 2.

### Die Stickstoffausscheidung des Menschen unter dem Einflusse der Muskelbewegung.

Es ist, wie das elfte und zwölfte Capitel ergaben, sehr mühsam, die Nahrungsverhältnisse des Organismus, aber besonders des Menschen, in der für exacte Ernährungsversuche nöthigen Weise zu reguliren. Ja man ist, wie ich glaube gezwungen, die Versuche alle an seiner eigenen Person, wie es von dem Autor geschah, anzustellen, da es unmöglich scheint, einen anderen Menschen in seinem Thun und Lassen so genau zu controliren, dass man sich mit voller Sicherheit auf die stattfindende Regelung seiner Diät, wie sie absolut nöthig ist, verlassen könnte.

Es ist sicher nicht leicht, den Ekel zu überwinden, der vor der gleichförmigen, nicht schmackhaften Nahrung, welche ihrer Einfach-

heit wegen sich allein zu Ernährungsversuchen eignet, gar bald eingeflösst wird. Ich glaube, dass es kaum möglich ist, durch Bezahlung ein Individuum, welches von der Tragweite der Versuche nicht vollkommen unterrichtet sein kann, dazu zu vermögen, sich dieser Unannehmlichkeit, welche so leicht zu umgehen ist, zu unterziehen.

Darum scheint mir die Behauptung nicht zu weit zu gehen, dass nur Untersuchungen an der eigenen Person des Untersuchers Ansprüche auf volle Glaubwürdigkeit der Resultate zu machen berechtigt sind.

Dieser Ausspruch klingt hart aber er ist sicher richtig.

Doch giebt es für manche Fälle einen Kunstgriff der Untersuchung, mit dessen Hülfe man über den schwierigsten Theil der Aufgabe, ich meine die genaue Regelung der Nahrungsbedingungen, leichteren Kaufes hinwegkommt. Es ist nämlich nach meinen Erfahrungen weit leichter, einige Zeit — bis 48 und 50 Stunden — ganz ohne Nahrungsaufnahme zu bleiben, als die Versuchsnahrung wochenlang und länger einnehmen zu müssen.

Es ist nun möglich, während des Hungers auf eine weit einfachere und kürzere Weise etwaige Einflüsse, welche auf den Organismus treffen, in ihren Wirkungen auf den Stoffumsatz desselben zu beobachten als bei Nahrungsaufnahme. Während des Hungers und absoluter Ruhe sinkt nämlich in den Morgenstunden bis Mittag die Harnstoffausscheidung des Menschen stätig. Lassen wir nun verschiedene Versuchsbedingungen, die etwa eine Steigerung des Umsatzes vermuthen lassen, auf den Organismus während dieser Zeit des Sinkens des Umsatzes einwirken, und wir sehen statt des normalen Sinkens des Umsatzes ein Ansteigen desselben gemessen aus den Quantitäten der Ausscheidungsproducte, so ist damit die gesuchte Steigerung in Folge der Versuchsbedingungen erwiesen. Ebenso ist es möglich, vermindernde Einflüsse auf den Stoffumsatz zu erkennen.

In den folgenden Untersuchungen habe ich von diesem Kunstgriffe Gebrauch gemacht. Es schien mir zuerst nöthig, das besprochene Fallen der stündlichen Ausscheidungen des $N$ des ruhenden Organismus während des Hungers einer erneuten Prüfung zu unterwerfen. Ich stellte dazu folgenden Versuch an.

## Stündliche Harnstoffbestimmung bei Ruhe am hungernden Organismus.

1.

Beginn des Versuchs 7 h Morgens.
Ende des Versuchs 9 h Morgens.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 245 CC. |
| In 10 CC. davon waren Harnstoff . . . . . | 0,016 Gramm |
| Demnach in 245 CC. . . . . | 3,92 ,, |
| In der Stunde wurden danach ausgeschieden an Harnstoff . . . . . | **1,96** ,, |

2.

Beginn des Versuchs 9 h Morgens.
Ende des Versuchs 11 h Morgens.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 246 CC. |
| In 10 CC. davon waren Harnstoff . . . . . | 0,014 Gramm |
| Demnach in 246 CC. . . . . | 3,444 ,, |
| In der Stunde wurden danach ausgeschieden an Harnstoff . . . . . | **1,72** ,, |

3.

Beginn des Versuchs 11 h Morgens.
Ende des Versuchs 1 h Mittags.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 115 CC. |
| In 10 CC. davon waren Harnstoff . . . . . | 0,021 Gramm |
| Demnach in 115 CC. . . . . | 2,415 ,, |
| Es berechnet sich danach die ausgeschiedene stündliche Menge Harnstoff auf . . . | **1,207** ,, |

---

Stellen wir die Resultate übersichtlich zusammen, so finden wir.

### Stündliche Ausscheidungsgrösse für Harnstoff.

| | |
|---|---|
| Von Morgens 7—9 h stündlich . . . . . | 1,96 Gramm |
| ,, ,, 9—11 h ,, . . . . . | 1,72 ,, |
| ,, ,, 11 h bis Mittags 1 h stündlich . . | 1,21 ,, |

Wir sehen die *N*-Ausscheidung des Menschen bei vollkommener Ruhe in einem beständigen Fallen von Morgens bis zu den Mittagsstunden begriffen.

Nach diesem Vorversuche, der uns in den Vormittagsstunden des Hungertages eine Zeit erkennen lässt, in welcher die Harnstoffausscheidung in einem beständigen Fallen begriffen ist, können wir uns in der angegebenen Weise an den eigentlichen Versuch selbst machen.

Wir werden uns zu fragen haben, ob die Muskelarbeit des Organismus die Curve der Harnstoffausscheidung bei Hunger, die eine einfach abfallende ist, verändert.

Je nachdem das Experiment diese Frage beantworten wird, werden wir einen Einfluss der Bewegung auf die Harnstoffausscheidung annehmen müssen oder nicht.

Wenden wir uns sogleich zu den weiteren Versuchen.

## Stündliche Harnstoffbestimmungen bei abwechselnder Bewegung und Ruhe am hungernden Menschen.

### Gesammtversuch Nr. I.

Der Gesammtversuch begann mit vollständiger Entleerung der Harnblase, nachdem den Tag vorher um 1 Uhr Mittags die letzte Nahrung genommen war, um 6 Uhr Morgens.

Ende des Gesammtversuchs 1 Uhr Mittags.

### I.

### Harnstoffbestimmungen während der Ruhe vor der Bewegung.

#### 1.

Beginn des Versuchs 7 h Morgens.
Ende des Versuchs 8 h Morgens.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 102,5 CC. |
| In 100 CC. waren Harnstoff . . . . . | 0,019 Gramm |
| Demnach in 102,5 CC. . . . . | 1,95 „ |

#### 2.

Beginn des Versuchs 8 h Morgens.
Ende des Versuchs 9 h Morgens.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 99 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . . | 0,018 Gramm |
| Demnach in 99 CC. . . . . | 1,78 „ |

### II.

### Harnstoffbestimmungen bei Bewegung.

Beginn der Bewegung (Gehen) 9 h Morgens.
Ende der Bewegung 11 h Morgens.

| | | |
|---|---|---|
| Schrittzahl in der Minute . . . . . | 120 | |
| Pulszahl . . . . . | 84 | nach einstündigem Gehen |
| Respirationen . . . . . | 35 | |

1.

Beginn des Versuchs 9 h Morgens.
Ende des Versuchs 10 h Morgens.
Ein Glas Wasser getrunken.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 69 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . | 0,02 Gramm |
| Demnach in 69 CC. . . . . | **1,38** ,, |

2.

Beginn des Versuchs 10 h Morgens.
Ende des Versuchs 11 h Morgens.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . | 35 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . | 0,027 Gramm |
| Demnach in 35 CC. . . . . | **0,98** ,, |

## III.

## Harnstoffbestimmungen bei Ruhe nach der Bewegung.

1.

Beginn des Versuchs 11 h Morgens.
Ende des Versuchs 12 h Mittags.
Ein Glas Wasser getrunken.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 45,2 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . | 0,028 Gramm |
| Demnach in 45,2 CC. . . . . | **1,26** ,, |

2.

Beginn des Versuchs 12 h Mittags.
Ende des Versuchs 1 h Nachmittag.
Ein Glas Wasser getrunken.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 185 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . | 0,012 Gramm |
| Demnach in 185 CC. . . . . | **2,22** ,, |

---

Stellen wir die stündlichen Resultate zusammen:

### Stündlich ausgeschiedene Harnstoffmenge.

I. Bei Ruhe vor der Bewegung:

| | |
|---|---|
| 1. von Morgens 7—8 h . . . . . | 1,95 Gramm |
| 2. ,, ,, 8—9 h . . . . . | 1,78 ,, |

II. Bei Bewegung:

| | |
|---|---|
| 3. von Morgens 9—10 h . . . . . | 1,38 ,, |
| 4. ,, ,, 10—11 h . . . . . | 0,98 ,, |

III. Bei Ruhe nach der Bewegung:

| | |
|---|---|
| 5. von Morgens 11—12 h . . . . . | 1,26 Gramm |
| 6. ,, ,, 12—1 h . . . . . | 2,22 ,, |

Es unterliegt keinem Zweifel, dass wir hier durch die Bewegung eine Aenderung in der Form der Harnstoffausscheidungscurve haben.

Wir sehen von 7 h Morgens an die Harnstoffausscheidung fallen; dieses Fallen geht auch noch während der Bewegung in normaler Weise weiter. Bei der auf die Bewegung folgenden Ruhe sahen wir aber an Stelle eines fortgesetzten Fallens, wie wir es bei Körperruhe erwarten müssten, ein freilich geringfügiges Ansteigen eintreten.

Wenden wir uns, ehe wir das Resultat näher besprechen, vorerst noch zu dem zweiten in dieser Richtung angestellten Versuch.

## Gesammtversuch Nr. II.

Der Gesammtversuch begann 9 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme Abends 9 Uhr. Er endete den nächsten Tag um 1 Uhr Mittags.

Befinden vollkommen normal.

### I.

### Harnstoffbestimmungen während der Ruhe vor der Bewegung.

#### 1.

Beginn des Versuchs 9 h Abends.
Ende des Versuchs 6 h Morgens.
Ruhe und Schlaf im Bett.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 800 CC. |
| In 10 CC. Harn sind Harnstoff . . . . . | 0,227 Gramm |
| Demnach in 800 CC. . . . . | 17,1 „ |
| Daraus berechnet sich die stündliche Harnstoffmenge während der Nacht auf . . | 1,9 „ |

#### 2.

Beginn des Versuchs 6 h Morgens.
Ende des Versuchs 7 h Morgens.
Ruhe wachend im Bett.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 47 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . . | 0,034 Gramm |
| Demnach in 47 CC. . . . . | 1,6 „ |

### II.

### Harnstoffbestimmungen während der Bewegung.

Beginn der Bewegung (Aufstehen aus dem Bette, dann Gehen im Freien) 7 h Morgens.
Ende der Bewegung 9 h Morgens.

1.

Beginn des Versuchs 7h Morgens.
Ende des Versuchs 8h Morgens.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 97 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . | 0,021 Gramm |
| Demnach in 97 CC. . . . . | 2,04 „ |

2.

Beginn des Versuchs 8h Morgens.
Ende des Versuchs 9h Morgens.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 105 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . | 0,0195 Gramm |
| Demnach in 105 CC. . . . . | 2,05 „ |

## III.

## Harnstoffbestimmungen bei Ruhe nach der Bewegung.

### Ruhe, auf dem Sopha liegend.

1.

Beginn des Versuchs 9h Morgens.
Ende des Versuchs 10h Morgens.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 71 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . | 0,028 Gramm |
| Demnach in 71 CC. . . . . | 2,00 „ |

2.

Beginn des Versuchs 10h Morgens.
Ende des Versuchs 11h Morgens.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 108 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . | 0,02 Gramm |
| Demnach in 108 CC. . . . . | 2,16 „ |

3.

Beginn des Versuchs 11h Morgens.
Ende des Versuchs 12h Mittags.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 136 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . | 0,0175 Gramm |
| Demnach in 136 CC. . . . . | 2,38 „ |

4.

Beginn des Versuchs 12h Mittags.
Ende des Versuchs 1h Nachmittags.

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedene Harnmenge . . . . . | 83 CC. |
| In 10 CC. waren Harnstoff . . . . | 0,02 Gramm |
| Demnach in 83 CC. . . . . | 1,66 „ |

---

Stellen wir auch hier die gewonnenen stündlichen Resultate zusammen.

Stündlich ausgeschiedene Harnstoffmenge.

I. Bei Ruhe vor der Bewegung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | von Abends 9 h bis Morgens 6 h | 1,9 | Gramm |
| 2. | von Morgens 6—7 h | 1,6 | ,, |

II. Bei Bewegung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3. | von Morgens 7—8 h | 2,04 | ,, |
| 4. | ,, ,, 8—9 h | 2,05 | ,, |

III. Bei Ruhe nach der Bewegung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5. | von Morgens 9—10 h | 2,90 | Gramm |
| 6. | ,, ,, 10—11 h | 2,16 | ,, |
| 7. | ,, ,, 11—12 h | 2,38 | ,, |
| 8. | ,, Mittags 12—1 h | 1,66 | ,, |

Die schon im Gesammtversuche Nr. I gefundene Veränderung der Curve der stündlichen Harnstoffausscheidung des hungernden Organismus unter der Beeinflussung der Bewegung ist in diesem Versuche noch deutlicher.

Die Curve sinkt zuerst in normaler Weise während der Ruhe. In Folge der Bewegung hebt sie sich hier sogleich etwas und bleibt dann während der Bewegungszeit und noch 3 Stunden während der Zeit der Ruhe nach der Bewegung auf ziemlich gleicher Höhe; in der vierten Stunde nach der Bewegung beginnt sie erst, wieder zu sinken und damit, sich der normalen Gestalt für die entsprechende Periode des Hungers anzunähern.

Die Versuche lehren, dass in Folge der Muskelbewegung die Gestalt der Curve der Harnstoffausscheidung des hungernden Menschenorganismus eine Veränderung erfährt.

Anstatt eines fortwährenden Sinkens der Harnstoffmengen wie es bei Ruhe am hungernden Organismus während der Morgenstunden beobachtet wird, zeigt sich bei hinzukommender Muskelbewegung entweder schon bei der Bewegung selbst (Versuch Nr. II.) oder erst bei der nachfolgenden Ruheperiode (Versuch Nr. I.) eine geringfügige Steigerung des ausgeschiedenen Harnstoffquantums. Diese Steigerung bleibt während der auf die Bewegung folgenden Ruhe noch einige Zeit fortbestehen (Versuch Nr. I. und Nr. II.), um dann von einer nachträglichen raschen Verminderung abgelöst zu werden (Versuch Nr. II.).

Bei Versuch Nr. I. wurde die Beobachtung nicht solange fortgesetzt, dass die nachträgliche secundäre Verminderung der Harnstoffausscheidung nach dem anfänglichen Steigen derselben zur Erscheinung gekommen wäre.

Der Versuch Nr. II. jedoch giebt ein Bild der eintretenden Steigerung und nachträglichen Verminderung in recht anschaulicher Weise.

Zum Vergleiche habe ich die beiden Curven: *A*, Harnstoffausscheidung während der Ruhe, *B*, Harnstoffausscheidung während der Bewegung im hungernden Organismus Versuch Nr. II. schematisch dargestellt.

Die Abscisse ist die Beobachtungszeit in Stunden. Die Ordinaten sind die ausgeschiedenen Harnstoffquantitäten in Gramm. Die grösseren Zahlen bedeuten die Gramm, die kleinen die Decigramm. Das Ende der beiden Curven ist identisch, den Anfang habe ich für die Curve *A* nach der Wahrscheinlichkeit ergänzt. Nur der ausgezogene Theil der Curve ist wirklich beobachtet.

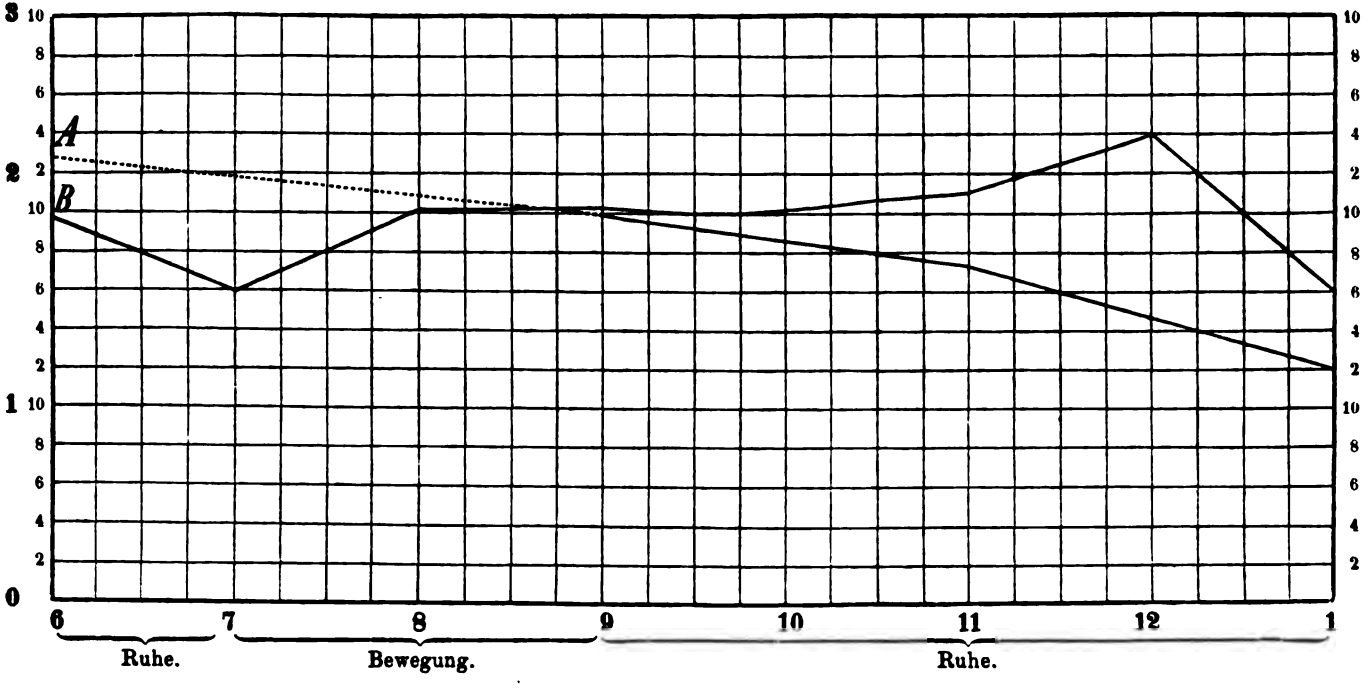
Die stündlich ausgeschiedenen Harnstoffmengen sind in den beiden dargestellten Curven nicht ganz gleich. Ich hoffe aber, dass die Uebersichtlichkeit der Darstellung dadurch nicht wesentlich beeinträchtigt wird, dass ich sie beide nicht auf die gleichen Grössen reducirt habe. Ich wünsche ja überhaupt nur ein schematisches Bild von dem Gang der Curven zu geben, auf die absoluten Unterschiede kommt es mir dagegen hier gar nicht an.

Die unter der Abscisse stehenden Angaben des Körperverhaltens während des Versuchs beziehen sich selbstverständlich nur auf die Curve *B*.

Stündliche Harnstoffausscheidung des hungernden Menschen.

Curve *A*: bei absoluter Körperruhe.

Curve *B*: bei Ruhe mit Bewegung abwechselnd.



Nach den Angaben der Gebrüder Weber[1]) ist es nicht schwer, die Arbeit, welche bei dem Gehen auf horizontalem Wege während der zwei Stunden geleistet wurde zu berechnen.

Um die Rechnung verständlich zu machen, werde ich am besten die eigenen Worte der berühmten Verfasser anführen.[2])

»Poisson hat im Traité de mécanique, seconde édition, tome II. Paris 1833. § 688 vom Gehen gehandelt, um einen Begriff von der Grösse der Arbeit eines gehenden Menschen oder Thieres mit Berücksichtigung der Last, die sie tragen oder ziehen, auf einem horizontalen oder geneigten Wege, zu geben. Es soll an diesem Beispiele die Anwendung des Princips der lebendigen Kräfte auf bewegte Maschinen erläutert werden. Er betrachtet die Bahn des Schwerpuncts und seine Geschwindigkeit in der Mitte jedes Schritts als gegeben, und zwar nimmt er an, dass die Bahn des Schwerpuncts ein Kreisbogen sei, der vom stehenden Beine als Radius beschrieben werde; in der Mitte dieses Kreisbogens stehe das Bein vertikal; in der zweiten Hälfte werde die Geschwindigkeit des Körpers nicht mehr durch die Muskelkraft vermehrt; am Ende werde die noch vorhandene Geschwindigkeit durch das auftretende andere Bein aufgehoben. Unter diesen Voraussetzungen berechnet er die Grösse der mit dem Gehen verbundenen Arbeit und findet sie gleich dem Producte der Zahl der Schritte in das Gewicht des Körpers und in die Summe der Höhe, bis zu welcher ein Körper mit der gegebenen Geschwindigkeit, wenn sie vertikal wäre, in die Höhe steigen würde. Dieses Resultat kann, weil es nach unseren Untersuchungen auf irrigen Voraussetzungen beruht, kaum näherungsweise zugelassen werden, doch kann man leicht die Verbesserung der Rechnung angeben, welche durch Einführung richtiger Voraussetzungen herbeigeführt wird. Es braucht nämlich nur die Höhe, bis zu welcher nach Poisson der Schwerpunct in jener Kreisbahn in die Höhe steigt, mit der Höhe vertauscht zu werden, bis zu welcher der Schwerpunct im Augenblick, wo das vordere Bein zur senkrechten Lage gelangt, plötzlich gehoben wird,[3]) und statt der lebendigen Kraft, die nach Poisson der ganze Körper in der ersten Hälfte des Schritts ge-

1) Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. 1836.
2) A. a. O. S. 417 ff. § 162.
3) Siehe a. a. O. § 24. 92.

winnt und in der zweiten Hälfte wieder verliert, braucht nur die lebendige Kraft gesetzt zu werden, die das aufgehobene Bein in der Zeit, wo es schwingt, gewinnt und in dem Augenblick, wo es auftritt, wieder verliert. Alsdann erhält man die richtige Angabe über die Grösse der Arbeit, vorausgesetzt, dass die Luft sich mit gleicher Geschwindigkeit und nach gleicher Richtung wie der Gehende fortbewege.«

C. Voit hat[1]) eine analoge Berechnung der geleisteten Arbeit für den Hund im Steigrade ausgeführt nach den Angaben der Gebrüder Weber. Dort finden sich alle für die Rechnung erforderlichen Daten übersichtlich zusammengestellt.

Die Formel für die Grösse der von einem auf horizontalem Boden gehenden Menschen geleisteten Arbeit in Kilogrammetern während eines Schrittes ist:

$$\text{Arbeit} = P \cdot s + \tfrac{1}{4} \frac{P \cdot v^2}{g}$$

$P$ = Gewicht des Menschen, in unserem Falle = 70 Kgrm.

$s$ = die vertikale Erhebung des Mittelpunctes des Körpers in der Zeit $(t)$ = 0,0317 Meter (cfr. Weber § 92).

$$v = \left(1 + \nu n t \frac{\pi}{T}\right) \cdot c.$$

$\nu$ = das Verhältniss der Länge des ganzen Beines zur Entfernung von $m$ (Schwerpunct des Körpers) und $m'$ (Schwerpunct des Beins);

$r = \frac{1}{4}$;

$$n = \sqrt{1 + \frac{\nu (h-s)^2}{g l t t}};$$

$h$ = Vertikalhöhe des Beins = 95,2 CM;

$g$ = 9,808 für Paris;

$l$ = Beinlänge bei grösster Streckung = 97 CM;

$t$ = Zeit, in welcher der Körper auf einem Beine steht = 0,25;

$T$ = die ganze Schwingungsdauer = 0,5;

Entfernung des Schwerpunctes des Beines vom Boden = 71,4 CM;

Höhe des Gesammtschwerpuncts = 97,8 CM;

Schrittlänge = 61,4 CM;

Geschwindigkeit der Masse des Schwerpunctes = 1,228 Meter = $c$.

Die Arbeit für einen Schritt berechnet sich danach auf: **3,82** Kilogrammeter.

---

1) Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes etc. 1860. S. 176 ff.

In der Gesammtzeit des Gehens während der beiden Versuche wurden je gemacht: 13200 Schritte.

Die geleistete Gesammtarbeit während zwei Gehstunden beträgt sonach in runder Zahl: **50000 Kilogrammeter.**

Der Wärmegewinn eines Individuums, wie das hier beobachtete, beträgt während 24 Stunden etwa 3000000 Wärmeeinheiten.[1]) Nehmen wir das mechanische Aequivalent der Wärme zu 430 Metergrammen an, so ergiebt sich für die geleistete Arbeit ein Wärmeverbrauch von etwa: 116000 Wärmeeinheiten = 3,9 % der gesammten Wärmeproduction. Würde die Arbeit, die ich nur zwei Stunden fortsetzte, in gleicher Grösse 8 Arbeitsstunden gedauert haben, so würde der Wärmeverbrauch dafür 15,6 % betragen: ein Wärmeverlust, der sich mit genaueren Methoden immerhin müsste nachweisen lassen. Es versteht sich, dass man auch bei derartigen Untersuchungen einen grösseren Zeitraum hindurch die Beobachtung fortsetzen müsste, da die erste Folge der Arbeitsleistung des Organismus eine Erhöhung seiner Temperatur ist, die ihren Grund, wie sich in den letzten Paragraphen des dritten Abschnitts ergeben wird, in einer Verbrennung der primären Spaltungsproducte der Muskelsubstanz zu besitzen scheint, wobei jedoch keine für die Muskelarbeit verwendbare Spannkräfte frei werden.

Offenbar kann sich der Wärmeverbrauch oder, wenn man lieber will, der Verbrauch der bei der Spaltung der Eiweisskörper frei werdenden Spannkräfte, mag man ihnen primär nun einen Namen geben, welchen man will, erst nach dieser primären Steigerung der Körpertemperatur ergeben.

Fragen wir uns, was mit dem Resultate dieses Paragraphen gewonnen ist, so müssen wir darauf antworten: sehr wenig im Sinne derer, die eine directe Beziehung der *N*-Ausscheidung zur geleisteten Arbeit erwarten.

Unsere Vorherbesprechung vor Anstellung der Versuche selbst, hat nach Würdigung der bisher bekannten Resultate ergeben, dass Schwankungen der Stoffzersetzung im Innern des Organismus vor sich gehen können, ohne dass deswegen die Grösse der Ausscheidungen des Gesammtorganismus eine Beeinträchtigung erfahren müsste. Die Ausscheidungsquantitäten entsprechen nur der Gesammtmenge der Zer-

1) C. Ludwig, Physiol. d. Menschen. 2. Aufl. 1861. S. 749.

setzungen in einer bestimmten, grösseren Zeit; nur sehr bedeutende Schwankungen in kleineren Zeiträumen machen sich auch noch geltend — z. B. in Folge des Essens — aber sie sind durchaus nicht im Stande, ein genaueres Bild kleinerer Veränderungen in dem Zersetzungsvorgange zu geben, auf welche es bei der vorliegenden Frage allein ankommen würde.

Die Arbeitsleistung des Organismus war in den beiden mitgetheilten Versuchen soweit thunlich gleich. Es wurde von demselben Individuum die gleiche Wegstrecke in der gleichen Zeit zurückgelegt. Aber wie verschieden gestaltet sich das Resultat in Beziehung auf den Ausscheidungsmodus des Harnstoffs.

In dem ersten Falle geht während der Arbeitsleistung die bei Ruhe beobachtete Verminderung fast in gesteigertem Maasse fort. Später zeigt sich eine kleine Vermehrung. In dem zweiten Versuch erhebt sich die Curve minimal und geht nach kurzer Zeit ebenfalls in das normale Fallen zurück.

Es ist klar, dass wir in der Harnstoffausscheidung eine einfache, directe Beziehung zu der Arbeitsleistung des Organismus nicht wahrgenommen haben, und somit stimmen meine Untersuchungen mit denen von C. Voit. Wir formuliren das Resultat folgendermaassen:

Die Veränderung der stündlichen Ausscheidungsquantitäten des Harnstoffs durch Muskelbewegung stehen in keinem nachweisbaren, directen Verhältnisse zur geleisteten Arbeit.

Damit beschliessen wir diesen Paragraphen und gehen zur Besprechung der von mir angestellten Kohlensäurebestimmungen am ruhenden und tetanisirten Thiere über.

## § 3.

### Die Kohlenstoffausscheidung des lebenden Frosches unter dem Einflusse der Muskelbewegung.

Es schien mir wünschenswerth, die Frage direct zu entscheiden, ob bei der Kohlensäureausscheidung des Organismus sich etwa dasselbe merkwürdige Verhältniss zeigen würde, welches von C. Voit für die *N*-Ausscheidung sicher nachgewiesen wurde: dass keine der geleisteten Arbeit direct entsprechende Mehrausscheidung sich erweisen lasse, wenn

man die Ausscheidungen des ruhenden und tetanisirten, arbeitenden Organismus in grösseren Zeiträumen mit einander vergleicht.

Schon im § 2 dieses Capitels wurde die Möglichkeit als bestehend betrachtet, dass hier wie bei der $N$-Ausscheidung auf eine etwaige Periode der Steigerung der Ausscheidung eine Periode der Verminderung folgen könne, welche die durch die Muskelarbeit etwa gesetzten Veränderungen der Ausscheidungsgrössen wieder auszugleichen im Stande wäre. Mit anderen Worten, dass auch hier der Stoffzersetzungsvorgang im Organismus durch den Tetanus nicht eine absolute sondern nur eine momentane, relative Steigerung erfahre; dass im Grossen und Ganzen nicht mehr und nicht minder Stoffe zersetzt würden in einer etwas grösseren Zeiteinheit, mag nun während derselben Muskelarbeit geleistet worden sein oder nicht.

Es scheint uns von vorn herein diese Annahme sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich zu haben. Alle die Gründe, welche nach unseren bisherigen im ersten Abschnitt dieser Untersuchung niedergelegten Erfahrungen für ein solches Verhältniss bei der $N$-Ausscheidung sprachen, scheinen auch auf die $C$-Ausscheidung Anwendung zu finden.

Auch hier machte ich die Untersuchungen an einem ruhenden, hungernden Organismus: am Frosche. Ich versuchte zuerst, die mittlere Ausscheidungsgrösse für Kohlensäure durch die Respiration in der Ruhe zu bestimmen, um auf dieser Grundlage die Frage aufwerfen zu können und womöglich zur Entscheidung zu bringen, ob diese mittlere Ausscheidungsgrösse durch Muskelcontractionen gesteigert werde oder nicht, und ob diese etwa zu beobachtende Steigerung in der Folge einem Zustande der Verminderung Platz mache.

Der Kohlensäurebestimmungsapparat, den ich zu diesen Untersuchungen in Anwendung zog, war dem Wesen nach dem im sechsten Capitel dieser Untersuchung: »Vergleichende Bestimmung der durch die Todtenstarre producirten Kohlensäuremenge im ruhenden und tetanisirten Muskel« gleich Die Beschreibung desselben muss an der angegebenen Stelle nachgesehen werden.

Nur der Raum, in welchen das Versuchsthier gebracht wurde, war hier ein flaches Glasgefäss mit flachem Boden und oben abgeschliffenen Rändern, auf welche ein Glasdeckel genau passte. Während des

Versuchs waren die Berührungsstellen des Deckels mit dem Glasgefässe sorgfältig mit flüssigem Wachs verstrichen und dadurch absolut luftdicht verschlossen, wie die jedesmalige Vorprüfung ergab.

Das Gefäss war gross genug, um ein, den schon beschriebenen ganz analoges, zum Befestigen des Frosches dienendes Brettchen aufnehmen zu können, auf welches der Versuchsfrosch den Rücken nach oben befestigt war.

Durch den Glasdeckel gingen luftdicht zwei Zuleitungsdrähte, welche an ihrer dem Innern des Gefässes sich zuwendenden Seite zwei Klemmen trugen. Diese beiden Klemmen wurden in die Rückenhaut des Frosches auf eine passende Weise, um als Elektroden eines tetanisirten Stromes dienen zu können, eingeklemmt. Die äusseren Enden führten zu einem »Schlüssel zum Tetanisiren«, der mit einem Magnetelektromotor verbunden war.

Man war so im Stande, ohne dass irgend etwas an der Versuchsvorrichtung geändert wurde, den Frosch innerhalb des Kohlensäurebestimmungsapparates zu tetanisiren zu einer beliebigen Zeit, und den eingeleiteten Tetanus ebenso willkürlich wieder zu unterbrechen.

Alles Uebrige ergeben die im Folgenden mitgetheilten Versuchsprotokolle.

Auch bei diesen Kohlensäurebestimmungen wurde die schon im sechsten Capitel beschriebene Pettenkofer'sche Titrirmethode in Anwendung gebracht.

### Stündliche Kohlenstoffbestimmungen bei Bewegung und Ruhe am hungernden Frosch.

#### Gesammtversuch Nr. I.

Beginn 10 h Morgens.
Ende 5 h 47′ Abends.

Der Tetanus wurde durch den Magnetelektromotor erregt.

Jeder Versuch währte eine Stunde. Nach dieser Zeit wurde das die ausgeathmete Kohlensäure enthaltende Kölbchen mit Barytwasser entfernt und mit einem neuen ersetzt. Während der Zwischenzeit stand der Zugapparat still. Jeder neue Versuch wurde von dem Augenblicke des Wiederingangsetzens des Zugapparates an gerechnet.

In dem vorgelegten Kölbchen befanden sich je 45 CC. Barytwasser. Davon wurden stets 30 CC. herausgenommen und titrirt.

30 CC. des angewendeten Barytwassers sättigten vor dem Versuche: 27,5 CC. Oxalsäure, eine andere Portion 29,8 CC; 1 CC. Säure entsprach 1 CC. Kohlensäure.

Die Versuchsgenauigkeit betrug 0,1 — 0,2 CC. der angewendeten Oxalsäure, also 0,0001 — 0,0002 Gramm Kohlensäure.

---

## A.

### Kohlensäurebestimmungen in der Respirationsluft während der Ruhe vor dem Tetanus.

30 CC. Barytwasser = 27,5 CC. Oxalsäure.

1.

Beginn des Versuchs 10 h 0′ Morgens.
Ende des Versuchs 11 h 0′ Morgens.

30 CC. des vorgelegten Barytwassers sättigten nach dem Versuche . . . . . 22,7 CC. Oxalsäure
Sie erhielten demnach . . . . . 4,8 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren demnach ausgeschieden . 7,2 „ „

2.

Beginn des Versuchs 11 h 15′ Morgens.
Ende des Versuchs 12 h 15′ Mittags.

30 CC. des Barytwassers sättigten noch . . . 21,2 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . . 6,3 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren demnach ausgeschieden . 9,4 „ „

3.

Beginn des Versuchs 12 h 31′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 1 h 31′ Nachmittags.

30 CC. des Barytwassers sättigten noch . . . 22,7 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . . 4,8 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren demnach ausgeschieden . 7,2 „ „

4.

Beginn des Versuchs 1 h 47′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 2 h 47′ Nachmittags.

30 CC. des Barytwassers sättigten noch . . . 21,5 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . . 6,0 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren demnach ausgeschieden . 9,0 „ „

## B.

### Kohlensäurebestimmung während des Tetanus.

60 CC. Barytwasser = 27,5 CC. Oxalsäure.

5.

Beginn des Versuchs 3 h 7′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 4 h 7′ Nachmittags.

30 CC. des Barytwassers sättigten noch . . . 20,9 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . . 6,8 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde wurden demnach ausgeschieden 10,2 „ „

## C.

## Kohlensäurebestimmungen während der Ruhe nach dem Tetanus.

30 CC. Barytwasser sättigten 29,8 CC. Oxalsäure.

### 6.

Beginn des Versuchs 4 h 15′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 5 h 15′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . 24,0 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . . 5,8 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren also ausgeschieden . . 9,7 „ „

### 7.

Beginn des Versuchs 5 h 29′ Abends.
Ende des Versuchs 6 h 29′ Abends.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . 22,3 CC. Oxalsäure
Sie enthielten also . . . . . 7,5 Mgrm. $CO_2$
In einer Stunde waren demnach ausgeschieden 11,3 „ „

### 8.

Beginn des Versuchs 6 h 37′ Abends.
Ende des Versuchs 7 h 37′ Abends.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . 23,6 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . . 6,2 Mgrm. $CO_2$
In einer Stunde wurden also ausgeschieden . 9,4 „ „

### 9.

Beginn des Versuchs 7 h 47′ Abends.
Ende des Versuchs 8 h 47′ Abends.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . 25,0 CC. Oxalsäure
Sie enthielten also . . . . . 4,8 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren ausgeschieden . . . . 7,2 „ „

---

Stellen wir die gewonnenen Resultate zusammen.

## Nr. I.

## Stündliche Kohlensäureausscheidung des Frosches.

A. In der Ruhe vor dem Tetanus:

Versuchsstunde Nr. 1. . . 7,2 Mgrm. $CO_2$
„ „ 2. . . 9,4 „ „
„ „ 3. . . 7,2 „ „
„ „ 4. . . 9,0 „ „
Im Mittel . . . . . 8,2 „ „

B. während des Tetanus:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Versuchsstunde Nr. 5 . . . | 10,2 | Mgrm. | $CO_2$ |

C. in der Ruhe nach dem Tetanus:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Versuchsstunde Nr. 6 . . . | 9,7 | Mgrm. | $CO_2$ |
| „ „ 7 . . . | 11,3 | „ | „ |
| Im Mittel aus den drei letzten Versuchen . | 10,4 | „ | „ |
| Versuchsstunde Nr. 8 . . . | 9,4 | „ | „ |
| „ „ 9 . . . | 7,2 | „ | „ |
| Im Mittel . . . . . | 8,8 | „ | „ |

Das Resultat des Versuches ist sehr deutlich:

Es findet während des Tetanus der Gesammt-Musculatur des Organismus eine Steigerung der Kohlensäureabgabe in der Respiration statt, die analog den bei der *N*-Ausscheidung beobachteten Verhältnissen, noch einige Zeit — zwei Stunden — in der Ruhe nach dem Tetanus anhält. Später sinkt die Ausscheidung wieder auf die Höhe während der Ruhe vor dem Tetanus zurück. Ein Sinken unter diese Höhe lässt dieser Versuch nicht erkennen.

Wenden wir uns sogleich zur Darlegung des zweiten für die vorliegende Frage angestellten Versuches.

## Gesammtversuch Nr. II.

Beginn 11$^h$ 5′ Morgens.
Ende 4$^h$ 53′ Abends.

Die Contractionen, die ich der Kürze wegen auch hier Tetanus nennen werde, wurden durch Unterbrechung des constanten Stromes: vier kleine Grove'sche Elemente durch einen Tactmesser erzeugt.

Die Versuchsbedingungen waren sonst die gleichen wie in Gesammtversuch Nr. I.

Es wurden auch 45 CC. eines Barytwassers vorgelegt, von welchem 30 CC. 27,2 CC. Oxalsäure sättigten. Die Stärke des Barytwassers blieb sich während dieses Versuches gleich.

Der Frosch wog: 29,5 Gramm.

Alles Andere ergeben die Versuchsprotokolle der Einzelversuche.

Der Frosch wurde, um ihn ruhig zu halten, von aussen mit einem Tuche bedeckt.

## A.

## Kohlensäurebestimmung in der Respirationsluft während der Ruhe vor dem Tetanus.

1.

Beginn des Versuchs 11 h 5′ Morgens.
Ende des Versuchs 12 h 5′ Mittags.

30 CC. des vorgelegten Barytwassers sättigten noch nach dem Versuche . . . . . 21,0 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . . 6,2 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren also ausgeschieden . . **9,3** „ „

2.

Beginn des Versuchs 12 h 14′ Mittags.
Ende des Versuchs 1 h 14′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . 22,2 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . . 5,0 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren also ausgeschieden . . **7,5** „ „

## B.

## Kohlensäurebestimmung während des Tetanus.

3.

Beginn des Versuchs 1 h 26′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 2 h 26′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . 21,7 CC. Oxalsäure
Sie enthielten also . . . . . 5,5 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren also ausgeschieden . . **8,25** „ „

## C.

## Kohlensäurebestimmungen während der Ruhe nach dem Tetanus.

4.

Beginn des Versuchs 2 h 34′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 3 h 34′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . 19,6 CC. Oxalsäure
Sie enthielten also . . . . . 7,6 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren also ausgeschieden . . **11,4** „ „

5.

Beginn des Versuchs 3 h 44′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 4 h 45′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . 21,2 CC. Oxalsäure
Sie enthielten also . . . . . 6,0 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren demnach ausgeschieden . **9,0** „ „

6.

Beginn des Versuchs 4h 53′ Nachmittags.
Ende des Versuchs 5h 53′ Nachmittags.

30 CC. Barytwasser sättigten noch . . . . 22,5 CC. Oxalsäure
Sie enthielten demnach . . . . . 4,7 Mgrm. $CO_2$
In der Stunde waren also ausgeschieden . . 7,05 „ „

---

Stellen wir die gewonnenen Resultate zusammen.

Nr. II.

Stündliche Kohlensäureausscheidung des Frosches.

A. In der Ruhe vor dem Tetanus:

Versuchsstunde Nr. 1 . . . 9,3 Mgrm. $CO_2$
„ „ 2 . . . 7,5 „ „
Im Mittel . . . . . 8,35 „ „

B. Während des Tetanus:

Versuchsstunde Nr. 3 . . . 8,25 Mgrm. $CO_2$

C. in der Ruhe nach dem Tetanus:

Versuchsstunde Nr. 4 . . . 11,4 Mgrm. $CO_2$
Im Mittel aus Nr. 3 und 4 9,8 „ „
Versuchsstunde Nr. 5 . . . 9,0 „ „
„ „ 6 . . . 7,05 „ „
Im Mittel . . . . . 8,0 „ „

Auch dieser zweite Versuch zeigt eine Steigerung der Kohlensäureabgabe in der Respirationsluft in Folge des Tetanus. Die Steigerung fällt hier auf die erste Versuchsstunde der Ruhe nach dem Tetanus.

Es scheint dieser Versuch uns eine Andeutung zu geben, dass das gesuchte Wechselverhältniss der Steigerung der $CO_2$-Abgabe in erster und der Verminderung dieser Abgabe in zweiter Linie in Folge des Tetanus, wie dies die Versuche von C. Voit für die Harnstoffausscheidung nachgewiesen, wirklich existirt.

Die Steigerung der $CO_2$-Abgabe in der Stunde nach dem Tetanus — 11,4 Mgrm. $CO_2$ — betrug, verglichen mit dem Mittel aus den beiden vor dem Tetanus angestellten Versuchen, das die Ausscheidungsgrösse 8,35 Mgrm. $CO_2$ ergeben hatte: 3,05 Mgrm. $CO_2$ oder — die obige Mittelzahl = 100 gesetzt — 32,9 % der $CO_2$-Ausscheidung während der Ruhe.

Nehmen wir dagegen die vier letzten Versuchsstunden zusammen und berechnen aus ihnen das Mittel für die stündliche $CO_2$-Ausscheidung, so erhalten wir für diese Grösse: 8,91 Mgrm. $CO_2$. Das Mittel aus den beiden ersten Versuchen ohne Tetanus beträgt: 8,35 Mgrm. $CO_2$. Wir sehen, dass der Unterschied, welcher bei Betrachtung der einzelnen Versuchsstunden und ihrer Einzelresultate sich sehr deutlich herausstellt, bei der Betrachtung des Gesammtresultates fast vollkommen verschwindet. Der Unterschied der Resultate beträgt jetzt nur noch zu Gunsten der $CO_2$-Ausscheidung während und nach dem Tetanus: 6,7 %, während er bei jenem Einzelversuche 32,9 % betragen hatte.

Wir beschliessen damit diese kurze Mittheilung der in der vorliegenden Frage: über den Einfluss des Tetanus auf den Gesammtorganismus angestellten Versuche. Schliesslich fasse ich die Resultate dieses Capitels kurz zusammen.

## § 4.

## Resultate.

1. Die stündliche **Harnstoff**ausscheidung des Menschen wird durch Muskelarbeitsleistung in geringem Maasse gesteigert.

2. Diese Steigerung beginnt entweder schon während der Arbeitsleistung selbst oder erst in der Zeit der Ruhe nach derselben, in der sie einige Zeit andauert.

3. Die angestellten Versuche lehren jedoch auch:

**Eine directe Beziehung zwischen der beobachteten Vermehrung der Harnstoffausscheidung des Menschen in Folge der Muskelarbeit und der Muskelarbeit selbst lässt sich nicht erkennen.**

Damit bestätigen meine Versuche das gleiche Resultat von C. Voit.

4. Die stündliche Kohlensäure-Ausscheidung des Gesammtorganismus — Frosch — wird in Folge des Tetanus nicht unbeträchtlich gesteigert.

5. Diese Steigerung beginnt wie die der Harnstoffausscheidung entweder schon während des Tetanus selbst oder erst nach demselben in der Zeit der Ruhe und dauert einige Zeit an.

6. Auf die anfängliche Steigerung der Ausscheidung der Kohlensäure in Folge des Tetanus scheint eine Ver-

minderung derselben zu folgen, welche die bei Betrachtung kleiner Zeiträume sich zeigende Veränderung der Ausscheidungsquantitäten verwischen kann, cfr. Versuch Nr. II.

Es spricht dies dafür, dass eine absolute Steigerung der Kohlensäureabgabe durch den Tetanus ebensowenig existirt als der Harnstoffausscheidung; dass der Tetanus das in der Ruhe vorhandene zersetzbare Material nicht vermehrt — Voit —.

# DRITTER ABSCHNITT.

## Chemische Hemmungseinrichtungen der Muskelaction.

## Vierzehntes Capitel.

### Die ermüdenden Stoffe im Allgemeinen.

§ 1.

**Rückblick und Versuchsplan.**

Die zwei ersten Hauptaufgaben, die wir uns bei Beginn der vorliegenden Untersuchung gestellt haben, haben wir soweit es in unseren Kräften stand und soweit es die gegebenen Verhältnisse uns erlaubten, gelöst.

Wir haben die Muskelsubstanz selbst mit Beziehung auf ihre physiologischen Zustände einer eingehenden Prüfung unterworfen und haben dadurch neben der Bestätigung älterer Erfahrungen eine Reihe neuer Thatsachen zu Tage gefördert. Wir haben sodann die Beziehungen des Gesammtorganismus zu dem Tetanus des Muskels betrachtet, und die dort gewonnenen Resultate in ganzer Ausdehnung hier bestätigt gefunden.

Für die Fortsetzung unserer Untersuchung sind folgende der bisher gewonnenen Resultate die bedeutungsvollsten:

1. **Die Steigerung der Oxydation innerhalb des Muskels während des Tetanus wird nach dem Tetanus wieder compensirt durch eine eintretende Verminderung der im Muskel vor sich gehenden Oxydationsprocesse.**

2. **Der Muskel ist während des Tetanus nur im Stande einen verhältnissmässig kleinen Bruchtheil der zu physiologischen Zersetzungen disponibeln Stoffmenge zu zersetzen. Es existirt demnach im Muskel offenbar eine mit dem Tetanus sich entwickelnde Hemmungsvorrichtung der Zersetzung und Oxydation der Muskelstoffe.**

An diese Ergebnisse schliessen sich zunächst die weiteren Untersuchungsfragen an:

1. Worin besteht diese erkannte Hemmungsvorrichtung der Oxydation und damit der Muskelleistungen? und

2. Wie haben wir uns ihre Wirkungsweise zu denken? —

Es liegt nahe, die postulirte Hemmungseinrichtung: den Grund der Ermüdung! in der erkannten Veränderung der chemischen Muskelconstitution zu suchen, die eine Folge des Tetanus ist.

Wir wissen, dass sich während des Tetanus im Muskel eine Reihe von Stoffen bildet und anhäuft, die im ruhenden, leistungsfähigen Muskel entweder gar nicht, oder nur in sehr geringen Mengen vorhanden sind.

Es wäre möglich, dass auf dem gesteigerten Gehalte des tetanisirten Muskels an diesen Stoffen die beobachteten Veränderungen in seinem Chemismus beruhten.

Es wird unsere nächste Aufgabe sein, diesen Gedanken einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen. Wir werden die einzelnen Stoffe, die wir nach dem Tetanus vermehrt im Muskel vorfinden, auf ihre Wirkung auf das Muskelgewebe zu prüfen haben.

In den folgenden Paragraphen soll dies geschehen.

Ueber den Einfluss der Vermehrung des Wassers im Muskel nach dem Tetanus auf die in dem Muskel stattfindenden Oxydationsprocesse haben wir schon gesprochen.

Es ist klar, dass schon durch eine solche Wasservermehrung, wenn wir uns die oxydirenden Einflüsse, die auf den Gesammtmuskel einwirken, constant denken (was sie in Wahrheit nicht einmal sind, wie später erwiesen werden soll) eine dem Tetanus folgende Verminderung in der Oxydationsgrösse erklärt werden kann.

Indem die Muskelstoffe durch das Dazwischentreten von Wasser auf einen grösseren Raum auseinander getrieben werden, werden sie gleichsam rareficirt und ein gegebenes, gleichbleibendes Quantum Sauerstoff findet auf einem gleichgrossen Theile der Muskelsubstanz entsprechend weniger oxydirbares Material vor.

Die Wirkung dieses Momentes muss noch um so mehr in die Augen springend werden, wenn wie im concreten Falle die Oxydationsbedingungen auch im Uebrigen nicht gleich bleiben, sondern eine bedeutendere Verminderung erfahren.

Abgesehen von diesem schon erkannten Vorgang bleibt uns für die Capitel dieses dritten und letzten Abschnittes unserer Untersuchung noch Alles zu thun übrig. In der bisherigen physiologischen Literatur finden sich, soviel mir bekannt, keine Experimentaluntersuchungen in unserem Sinne vor. Dies hindert jedoch nicht, dass die bisher in der Physiologie schon geltende Ansicht über das Wesen der Ermüdung sich mit der unserigen im Allgemeinen in Uebereinstimmung befand. Ausser der Annahme — Harless z. B. — dass die Ermüdung auf Verbrauch des zersetzbaren Materials im Muskel beruhe, die nach unseren bisherigen Untersuchungen als vollkommen zurückgewiesen angesehen werden muss, finden wir z. B. in dem Lehrbuche von C. Ludwig folgende Darstellung des inneren Grundes der Ermüdung des Muskels:

»Die Zusammenziehung ermüdet den Muskel darum, weil sie die chemische Beschaffenheit umgestaltet.«[1])

Wenden wir uns sogleich zur Untersuchung selbst.

## § 2.

### Die Einwirkung der Circulation auf den ermüdeten Muskel.

So sehr es in meiner schon anfänglich gefassten Absicht lag, die Einwirkung der im Muskel bei dem Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducte, die wir nach dem Tetanus in ihm angehäuft finden, auf die Leistungsfähigkeit des Muskels zu untersuchen, so wurde ich doch auf den Modus dieser Untersuchung durch eine zufällige Beobachtung hingeführt.

Bei der Herrichtung der Präparate für die chemischen Beobachtungen, die im ersten Abschnitte der vorliegenden Untersuchung in ihren Resultaten mitgetheilt worden sind, hatte ich die Gewohnheit, auch bei den mit Strychnin vergifteten und dadurch getödteten Thieren den Kopf abzuschneiden.

Es zeigte sich hiebei ein merkwürdiges und sehr auffallendes Phänomen.

Nach dem Blutaustritt aus dem Rumpfe in Folge des Abschneidens des Kopfes, ja in manchen Fällen momentan nach dem Augenblicke des Blutausströmens selbst, kehrten öfters bei Fröschen, welche durch

1) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I. S. 446. 1858.

einen energischen, langandauernden Strychnintetanus vollkommen ermüdet waren, so dass sie auf tactile Hautreize nicht mehr durch einen Reflextetanus oder auch nur durch eine einfache, schwache Reflexzuckung antworteten, heftige Reflexkrämpfe zurück, die an Stärke den anfänglich eingetretenen kaum Etwas nachzugeben schienen.

Diese neu aufgetretenen Krämpfe waren oft sehr anhaltend In einem Falle waren die am Nachmittage nach vollkommenem Verschwinden der Reactionsfähigkeit auf äussere Reize geschlachteten Thiere (die oberen, restirenden Körpertheile derselben) noch am anderen Morgen schwach erregbar. Ja sogar die abgeschnittenen Köpfe zeigten wieder eintretende Erregbarkeit, indem sie, nachdem auch bei ihnen die Reaction auf äussere Einflüsse verschwunden war, nach dem Verbluten wieder auf Reiz die Augenlider zu bewegen begannen.

Das beschriebene Phänomen tritt unter Umständen mit ausserordentlicher Deutlichkeit hervor; doch kann es sich auch ereignen, dass es fast vollkommen ausbleibt oder wenigstens zur Unscheinbarkeit zusammenschwindet.

Es ist klar, dass ich aufmerksam gemacht durch diese Erfahrung mein Augenmerk bei der Untersuchung der Frage nach dem Grunde der Ermüdung zuerst den hier zufällig gesetzten Verhältnissen des Versuches zuwendete.

Nach dem Abschneiden des Kopfes gefolgt von Blutaustritt aus dem reactionslos gewordenen Frosch hatte ich die Contractionsfähigkeit der Muskeln zurückkehren sehen.

Es mussten die beiden Fragen zur experimentellen Beantwortung aufgeworfen werden:

1. Ist etwa das beobachtete Phänomen ein Grund des Abtrennens des Gehirnes von dem Rückenmark? oder

2. Ist etwa das Blut als solches bis zu einem gewissen Grade ein Hinderungsmittel der Zusammenziehung des Muskels?

Die experimentelle Beantwortung der ersten Frage über den etwaigen Einfluss des Abtrennens des Kopfes versuchte ich auf zwei Wegen.

Zuerst suchte ich zu beobachten, ob die Fähigkeit zur Muskelcontraction auch wiederkehre, wenn die Verblutung ohne Abtrennen des Kopfes z. B. aus dem Herzen erfolgte, und zweitens ob nach dem Verbluten die Abtrennung des Kopfes noch eine erkennbare Wirkung zeige.

Auf den Gedanken, dass etwa das Abschneiden des Kopfes von Wirksamkeit auf die beobachtete Erscheinung der Wiederkehr der Muskelcontractionsfähigkeit sein könne, war ich durch die bekannte Erfahrung gekommen, dass die Reflexe nach dem Köpfen bei weitem grössere Energie zeigen als bei dem gesunden, lebenden Thiere; eine Erfahrung, welche durch die Entdeckung des Ortes des Reflexhemmungscentrums im Gehirne des Frosches durch Setschenow ihre Aufklärung gefunden hat.

Lässt man das Blut direct aus dem Herzen auspumpen, nachdem der Frosch reactionslos geworden ist, so kehren wie in dem oben besprochenen Falle die Reflexkrämpfe gleichfalls zurück, das nachträgliche Abschneiden des Kopfes zeigt auf dieses Ergebniss keine erkennbare Wirkung.

Es mögen hier zum Exempel der Versuchsresultate einige Versuchsprotokolle ihre Stelle finden.

### Versuche.

Wiederherstellung der Erregbarkeit des Froschmuskels nach vollständiger Ermüdung auf Strychnintetanus durch Verbluten aus dem Herzen.

Nr. I.

Grosser Frosch.

Vergiftung mit einer sehr verdünnten Strychninlösung von einer Hautwunde am Rücken aus.

Starker Tetanus, langandauernd.

Nach Aufhören der Reflexzuckungen, Bloslegen des Herzens, das nur noch schwach und langsam schlägt. Verbluten aus einem Schnitt in die Herzkammer.

Die Zuckungen kehren wieder, aber schwach.

Nach Durchschneiden des Rückenmarkes trat keine Veränderung in der Stärke der wiedergekehrten Zuckungen ein.

Das Durchschneiden des Rückenmarkes zeigte keinen erhöhenden Einfluss auf die Zuckungen.

Nr. II.

Mittelgrosser Frosch.

Vergiftung mit Strychninlösung, sehr verdünnt, von einer Hautwunde am Rücken aus.

Starker Tetanus.

Nach Aufhören der Reflexe, Verbluten aus dem Herzen.

Die Zuckungen kehren zurück, aber schwach.

Nach Durchschneiden des Rückenmarks hören die Zuckungen ganz auf!

Nr. III.

Mittelgrosser Frosch.

Vergiftung wie in den beiden vorstehenden Versuchen.

Starker Tetanus.

Nach Verschwinden der Reflexe, Verbluten aus dem Herzen.

Die Zuckungen kehren stark zurück und andauernd.

Nach Durchschneiden des Rückenmarkes bleiben sich die Zuckungen in ihrer Stärke gleich.

---

Alle Versuche lehren, dass wir es, wie in den beispielsweise mitgetheilten, nicht mit einer directen Einwirkung des Abtrennens des Setschenow'schen Reflexhemmungscentrums vom Rückenmarke zu thun haben, wenn wir unter den oben beschriebenen Versuchsbedingungen die Leistungsfähigkeit der Muskeln wieder zurückkehren sehen; es scheint dagegen alles für eine directe Einwirkung der Entfernung des Blutes aus dem Organismus zu sprechen.

Die Versuche in der oben angegebenen Weise angestellt, werden dadurch in ihrer Deutlichkeit beeinträchtigt, dass wenn der für die Beobachtung erforderliche Zustand der Ermüdung eingetreten ist, auch das Herz nur sehr schwach noch schlägt, sodass also nur ein verhältnissmässig kleiner Theil der gesammten Blutmenge auf diese Weise aus dem Organismus entfernt werden kann. Doch war bei allen von mir angestellten Versuchen der angegebene Effect wahrnehmbar.

Ich bemühte mich, das Resultat mit grösserer Sicherheit hervorbringen zu lernen. Es gelang mit folgender Methode.

Von der Ermüdung des Muskels durch Strychnin sah ich vollkommen ab und benützte zu dem vorliegenden Zweck den Tetanus durch den Magnetelektromotor, den du Bois-Reymond'schen Schlittenapparat.

Der Frosch wurde dazu auf dasselbe Versuchsbretchen befestigt, auch die Bauchseite nach oben, welches im zweiten Abschnitt im zehnten Capitel § 1 beschrieben wurde und dort zu den Experimenten ge-

dient hatte, welche zur Entscheidung der Frage nach dem Orte der Erzeugung der Kraft für die Muskelcontraction angestellt wurden. Obere und untere Extremitäten waren durch Kautschukstreifen gehalten, die unteren Extremitäten wurden auf ein blankes Zinkblech, an welches ein Zuleitungsdraht befestigt war, aufgedrückt. Quer in der Mitte des Bretchens vertiefte es sich zu einer mit Glas ausgelegten Rinne, welche dort die eingespritzte Kochsalzlösung, die zur Verdrängung des Blutes aus dem Körper gedient hatte, ohne sie mit der unteren Elektrode in Berührung zu bringen, in ein untergestelltes flaches Glasgefäss abzuleiten hatte. Bei unseren jetzigen Versuchen hat sie denselben Zweck der Ableitung.

Das blanke Zinkblech, von dem eben die Rede war, diente auch hier als untere Elektrode.

Die obere Elektrode bestand wieder aus einem passend gekrümmten Kupferhaken, der durch das Maul eingestochen wurde. Ein Draht führte von dieser Elektrode wie von der erstbeschriebenen zu einem Schlüssel zum Tetanisiren. Von hier aus waren sie mit der secundären Spirale eines du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates verbunden. Die primäre Rolle stand mit einem kleinen Daniell'schen Elemente in Verbindung, doch so, dass der Strom des Elementes bald unterbrochen, bald geschlossen wurde durch das Uhrwerk, dessen Zeiger durch Quecksilber ging. Bei dem Eintauchen des Zeigers in die Quecksilberrinne wurde der Strom geschlossen und auf diese Weise bei geöffnetem Schlüssel Tetanus hervorgerufen, welcher mit dem Spiel des Inductionsapparates wieder verschwand, wenn der Zeiger das Quecksilber wieder verliess. Auf diese Weise wurde durch das Spiel des Apparates in je einer Minute viermal Tetanus und viermal Ruhe in gleichen Zeiten hervorgebracht. Die secundäre Spirale wurde anfänglich so gestellt, dass sie eben einen energischen Tetanus hervorbrachte. Wurden die Ströme zu schwach, so wurde die Rolle mehr und mehr aufgeschoben, bis endlich nach ein und einer halben Stunde etwa die Erregbarkeit vollkommen erschöpft war.

Der Apparat spielte fort, das Herz des Thieres wurde blosgelegt und durch einen Schnitt in den Bulbus aortae das Blut zum Austreten gebracht. Dieselben Ströme, die vorher vollkommen erfolglos waren, brachten nun wieder, wenn auch schwache, Zuckungen hervor.

Um den Erfolg zu verstärken, wurde eine Spritze in die Aorta

eingebunden und, nachdem eine Gegenöffnung an der Herzkammer gemacht war, eine Kochsalzlösung von 0,5 % eingespritzt und alles Blut aus dem Organismus entfernt. Hiernach ist das Resultat sehr deutlich und es versagte mir niemals. Die Erregbarkeit hält nach der Entfernung des Blutes manchmal eine längere Zeit, bis zu einer halben Stunde, wieder an. Ist sie wieder verschwunden, so kann noch mehrmals, freilich mit stets sinkendem Erfolge, der Einspritzungsversuch wiederholt werden.

Die halbprocentige Kochsalzlösung wurde als eine dem Muskel fast vollkommen unschädliche Flüssigkeit, in welcher ausgeschnittene Muskeln Tage lang ihre Erregbarkeit unverändert erhalten können, angewendet — Kühne —.

Die eben mitgetheilten Versuche zeigen, dass durch das Austreten des Blutes und noch mehr durch das Auswaschen desselben Verhältnisse gesetzt werden, unter welchen der ermüdete Muskel seine Reactionsfähigkeit wieder erlangt.

Der Gedanke, dass das Blut selbst eine Hemmung der Bewegung bis zu einem gewissen Grade abgeben könne, ist durch die schon oben citirten Versuche im zehnten Capitel vollständig zurückgewiesen. Wir brauchen hier nur auf die dort gegebenen Untersuchungsbeispiele zu verweisen, um jeden Gedanken an einen derartigen Grund der beobachteten Erscheinung auszuschliessen.

Das Blut übt als solches keinen hemmenden Einfluss auf die Muskelaction aus.

Bei den a. a. O. angestellten Versuchen zuckte der blutreiche Unterschenkel in manchen Fällen noch fast eine Stunde fort, nachdem der blutleere schon aufgehört hatte, auf elektrischen Reiz zu reagiren.

Nachdem es festgestellt ist, dass wir in der besprochenen Erscheinung der Wiederkehr der Zuckungen bei durch Tetanus vollkommen ermüdeten Fröschen durch das Entfernen des in dem Organismus enthaltenen Blutes nicht an eine specifische Wirkung des Blutes auf den Muskel zu denken haben, liegt der Gedanke nahe, ob nicht das Austreten des Blutes, wie das Auswaschen desselben eine begleitende Nebenwirkung besitzen, welche der in Frage stehenden Erscheinung zu Grunde liege. Die Ansicht drängte sich sogleich auf, dass das Blut

und die eingespritzte Salzlösung bei ihrem Durchströmen durch den Muskel, ganz analog der normalen Circulation des Blutes, aus dem Muskelgewebe wenigstens einen Theil der durch den Tetanus gebildeten Zersetzungsproducte auswasche und dadurch den Muskel, der durch die Aenderung seiner chemischen Beschaffenheit ermüdet war, wieder in einen Zustand versetze, welcher es ihm erlaube, auf Reize, die vorher schon vollkommen unwirksam geworden waren, nun wieder mit Zuckungen zu antworten. Mit anderen Worten lässt sich diese Hypothese folgendermassen formuliren:

Der Muskel häuft im Tetanus Zersetzungsproducte seiner Substanz in sich auf (namentlich Fleischmilchsäure). Diese Zersetzungsproducte hindern durch ihr mechanisches Vorhandensein den Muskel an der Ausübung seiner Function. Werden diese Zersetzungsproducte durch die normale Blutcirculation oder durch die künstlich wiederhergestellte — das Ausfliessenlassen des Blutes aus dem Organismus — oder durch directes Auswaschen der Muskeln durch eine indifferente Flüssigkeit — 0,5 pCt. Kochsalzlösung — aus dem Muskel entfernt, so tritt für ihn die Fähigkeit, sich auf Reize zu contrahiren, wieder ein, der ermüdete Muskel erholt sich wieder.

Diese Hypothese erklärt nicht alle Erscheinungen der Erholung nach Ermüdung, wir werden in der Folge sehen, dass dabei noch andere Momente in Frage kommen.

Es schien nicht schwer, diese eben aufgestellte Hypothese experimentell zu prüfen. Auf die gleiche Weise, in der es gelang, ermüdete Muskeln durch Auswaschen der Zersetzungsproducte wieder reactionsfähig zu machen, musste es möglich sein, frische, leistungsfähige Muskeln zu ermüden durch das Einspritzen derselben Zersetzungsstoffe, wie sie im Tetanus im Muskel gebildet werden.

Zu diesem Zwecke bot sich eine bei 45° C. bereitete Fleischbrühe aus Froschmuskeln, welche alle die fraglichen Zersetzungsproducte enthält, als das einfachste Mittel dar. Es wurden je sechs Frösche geschlachtet und aus ihrem Schenkelfleische durch 15 Minuten langes Erwärmen auf die angegebene Temperatur mit der halbprocentigen Kochsalzlösung eine Brühe gewonnen, die filtrirt sich einspritzen liess. Das Fleisch war vor dem Erwärmen fein zerschnitten, so dass man die grösste Menge der Zersetzungsproducte bei dem Erwärmen gewinnen musste.

Der Frosch wurde in der oben auseinandergesetzten Weise auf dem Brette zum Tetanisiren befestigt und der Abstand der secundären von der primären Rolle bestimmt, bei welcher die erste Zuckung des Gastrocnemius erfolgte. Dann wurde das Herz angeschnitten, dadurch die Hauptmasse des Blutes entfernt und wieder der oben angegebene Rollenabstand abgelesen. Nun wurde die Spritze in eine Aorta eingebunden und nach Anlegung einer Gegenöffnung am Herzen zuerst halbprocentige Kochsalzlösung eingespritzt und alles Blut aus dem Organismus herausgewaschen, wozu 25 CC. Flüssigkeit genügen, und der Rollenabstand von neuem abgelesen. Jetzt erst, nachdem eine etwaige directe Einwirkung der Salzlösung ausgeschlossen war, wurde die mit den Stoffen der Fleischbrühe beladene Salzlösung eingespritzt. Der gehoffte Erfolg blieb aus.

Anstatt, dass der Punct der ersten Zuckung nach der Seite der stärkeren Ströme verlegt worden wäre, wurde die Erregbarkeit der Frösche durch die Einspritzung für eine dauernde Zeit erhöht; die secundäre Spirale musste um eine nicht unbedeutende Strecke von der primären Rolle entfernt werden, um den Anfangspunct der Zuckung zu erreichen, nachdem die Fleischbrühe eingespritzt war.

Dabei war es auffällig, dass das Herz fast momentan seine Arbeit einstellte, wenn es mit der Fleischflüssigkeit in Berührung kam. Wurde die eingespritzte Fleischbrühe wieder durch neu eingebrachte Kochsalzlösung verdrängt, so sank oder stieg je nach den Verhältnissen die Erregbarkeit wieder auf das anfängliche Maass und das Herz begann sogleich seine Thätigkeit in normaler Weise.

Ein Beispiel mag genügen, die beobachteten Verhältnisse anschaulich zu machen. Die Zuckungen wurden durch den Schlüssel hervorgebracht.

## Tabelle I.

### Erhöhung der Erregbarkeit durch Einspritzen von Fleischflüssigkeit.

| Zeit. | Nummer der Zuckung. | Zustand der Thiere. | Rollenabstand bei der ersten Zuckung in Mm. | Zustand des Herzens. |
|---|---|---|---|---|
| 10 hor. 50′ | 1. | Herz blosgelegt. | 150 | Herzschlag normal. |
| 54′ | 2. | Blutleere. | 152 | |
| | 3. | Es wurde in zwei Abschnitten Salzwasser eingespritzt. | 155 | ,, |
| | 4. | | 154 | ,, |
| 11 hor. 3′ | 5. | | 155 | ,, |
| 4—8′ | 6. | Fleischbrühe-Einspritzung in 4 Abschnitten. | 166! | Das Herz macht sehr matte und langsame Bewegungen. |
| | 7. | | 175! | |
| | 8. | | 174 | |
| 9′ | 9. | | 173 | |
| 10′ | 10. | | 170 | |
| 11′ | 11. | | 166 | |
| 12′ | 12. | | 163 | |
| 12 hor. 13′ | 13. | | 160 | |
| 14′ | 14. | | 160 | |
| 15′ | 15. | | 157 | |
| 16′ | 16. | | 156 | |
| 17′ | 17. | Der Frosch bewegte sich spontan. | 155 | |
| | | | 156 | Herz sehr matt, nur die Vorhöfe pulsiren noch. |
| 18′ | 18. | | 155 | |
| 19′ | 19. | | 154 | |
| 20′ | 20. | | 154 | |
| 22′ | 21. | | 153 | |
| 28′ | 22. | | 153 | |
| 31′ | 23. | | 152 | Herz schlägt nicht mehr. |
| 33′ | 24. | | 150 | |
| 35′ | 25. | | 149 | |
| 35—39′ | 26. | Salzwasser eingespritzt, in zwei Abschnitten. | 155! | Das Herz schlägt rasch und stark, — normal. |
| 40′ | 27. | | 157! | |
| 42′ | 28. | | 156 | |
| 45′ | 29. | | 156 | |

Die Salzwasser-Einspritzung in den frischen Frosch zeigte in allen von mir beobachteten Fällen keinen merklichen Einfluss auf seine Erregbarkeit. Das Steigen der Erregbarkeit durch die Einspritzung der Fleischflüssigkeit betrug in vorliegendem Falle 21 Mm. am Schlittenapparate. Aehnliche Werthe für die Steigerung ergaben sich in allen Fällen. Nach der Steigerung trat anfänglich rasch, später sehr lang-

sam ein Absinken der Erregbarkeit ein und diese fiel nach einiger Zeit meist unter die anfängliche Grösse, aber nur sehr unbedeutend.

Eine Steigerung in der Erregbarkeit in dem eben gebrauchten Sinne des Wortes tritt auch nach spontanen Zuckungen des Thieres oder nach elektrischen Zuckungen ein.

Um die etwaige Betheiligung des Nervensystemes an dieser Erscheinung auszuschliessen, wurden Versuche an mit Curare vergifteten Thieren angestellt. Das Ergebniss der Versuche war in sofern verschieden von dem eben mitgetheilten, als jetzt die anfängliche Steigerung der Erregbarkeit, zum Beweise, dass wir es hier mit einer Nebenwirkung auf die Nerven zu thun haben, nach dem Einspritzen der Fleischflüssigkeit entweder nur sehr gering ausfiel oder sogar gänzlich ausblieb. Auch hier sank die Erregbarkeit sehr langsam nach dem Einspritzen unter die anfänglich beobachtete Höhe. Es konnte durch Einspritzen von Salzwasser die Erregbarkeit nach dem Absinken wieder hergestellt werden.

Diese Beobachtung des verschwindenden Einflusses der Fleischflüssigkeits-Einspritzung auf die Erregbarkeit des Muskels wurde dadurch noch unerklärlicher, dass Muskeln, direct in die Fleischflüssigkeit gebracht, die bei dem Einspritzen in die Blutgefässe kaum eine Wirkung auf die Erregbarkeit hervorbrachte, darin ziemlich rasch absterben. Folgender Versuch kann als Beleg dafür dienen.

Die Gastrocnemien eines munteren Thieres wurden erst frisch auf ihre Erregbarkeit geprüft in einem analogen Apparate, wie er bei der Vergleichung der Dauer der Erregbarkeit bei blutleeren und bluthaltigen Unterschenkeln gedient hatte. Die Kupferstacheln waren ebenfalls in die erhaltenen Stümpfe der Oberschenkelknochen gestossen. In die Achillessehne war je ein Kupferhaken gestossen, welche beide in das Quecksilbergefäss eintauchten. Die so auf ihre Erregbarkeit geprüften Muskeln wurden der eine in halbprocentige Kochsalzlösung, der andere in Fleischflüssigkeit gebracht und in Pausen auf ihre Erregbarkeit geprüft, nachdem sie sorgfältig mit Filtrirpapier von der anhaftenden Flüssigkeit befreit waren. Die übrigen Verhältnisse ergeben sich aus der Tabelle.

## Tabelle II.

### Erregbarkeit der Muskeln nach dem Liegen in Salzwasser und Fleischflüssigkeit.

| Zeit. | Nummer der Prüfung. | Benennung des Muskels. | Abstand der Rollen bei der ersten Zuckung, in Mm. |
|---|---|---|---|
| 11 hor. 11′ | 1. | Gastrocnemius No. I. | 200 |
| | | Gastrocnemius No. II. | 195 |
| von | 2. | Gastrocnemius No. I. | |
| 12′—27′ | | = Fleischbrühmuskel | 202 |
| in den beiden | | Gastrocnemius No. II. | |
| Flüssigkeiten | | = Kochsalzmuskel | 189 |
| 32′—47′ | 3. | Fleischbrühmuskel | 201 |
| | | Kochsalzmuskel | 189 |
| 11 hor. 55′ — | 4. | Fleischbrühmuskel. | 200 |
| 12 hor. 10′ | | Kochsalzmuskel | 190 |
| 14′—29′ | 5. | Fleischbrühmuskel | 177 |
| | | Kochsalzmuskel | 188 |
| 37′—52′ | 6. | Fleischbrühmuskel | 170 |
| | | Kochsalzmuskel | 188 |
| 12 hor. 55′— | 7. | Fleischbrühmuskel | 65 |
| 2 hor. 37′ | | Kochsalzmuskel | 185 |
| 2 hor. 42′ — | 8. | Fleischbrühmuskel | 15 |
| 4 hor. 25′ | | Kochsalzmuskel | 152 |
| 4 hor. 30′ — | 9. | Fleischbrühmuskel | 0 |
| 6 hor. 30′ | | Kochsalzmuskel | 105 |

Wir sehen, dass in einer Zeit, in welcher der Muskel in der Kochsalzlösung noch gut erregbar ist, der in der Fleischflüssigkeit befindliche seine Erregbarkeit vollkommen verloren hat.

Diese Beobachtung zusammengehalten mit der anderen, dass das Herz so entschieden dem Einflusse der Fleischflüssigkeit unterliegt in dem erwarteten Sinne, liessen den Gedanken fassen, dass in dem frischen, leistungsfähigen Organismus sich Bedingungen vorfinden, welche den Erfolg der künstlichen Ermüdung des Muskels durch Einspritzen der durch den Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducte zu verhindern im Stande wären.

Dafür sprach auch der Umstand, dass die Muskeln, in welche man Fleischbrühe eingespritzt hatte, nach ihrem Ausschneiden aus dem Froschkörper nur eine sehr minimale sauere Reaction zeigten, obwohl die eingespritzte Fleischbrühe an sich lebhaft blaues Lackmuspapier röthete. Die in den Lymphräumen enthaltene Flüssigkeit reagirte dabei stets noch alkalisch. Es lag nahe, der die Säure neutralisirenden Lymphe den Mangel des erwarteten Erfolges zuzuschreiben. Es

musste der Versuch gemacht werden, die Lymphe aus dem Versuch möglichst auszuschliessen.

Um die Lymphe aus der Concurrenz mit der eingespritzten Fleischflüssigkeit auszuschliessen, konnten mehrere Wege eingeschlagen werden. Entweder konnte man durch Einspritzen von halbprocentiger Salzlösung in die Lymphräume der Schenkel diese von Lymphe auswaschen, — oder man konnte durch Einspritzen von Fleischflüssigkeit zugleich von aussen ansäuern. Das einfachste Verfahren zu dem angegebenen Zwecke ist, dem Frosche die Haut der unteren Extremitäten auszuziehen und diese letzteren mit der Kochsalzlösung abzuspülen. Alle drei Versuchsweisen gaben gleiche Resultate. In folgender Tabelle ist beispielsweise ein solcher Versuch ausführlich dargestellt.

Der Frosch wurde mit Curarelösung durch eine Rückenwunde vergiftet. Nachdem er vollkommen reactionslos geworden, wurde die linke Art. iliaca mit der Art. sacralis media unterbunden. Hierauf wurde die Haut der beiden unteren Extremitäten mit möglichster Vorsicht abgezogen, der Frosch sorgfältig in Kochsalzlösung gewaschen und mit ungeleimtem Papier getrocknet, der Frosch sodann an dem Brette wie gewöhnlich befestigt. Alle anderen Angaben enthält die Tabelle.

## Tabelle III.

### Einspritzen von Fleischbrühe in die lymphfreien Extremitäten.

| Zeit. | Nummer der Zuckungen. | Bezeichnung der Extremitäten. | Abstand der Rollen bei der ersten Zuckung, in Mm. |
|---|---|---|---|
| 3 hor. 50′ | 1. | Linker Schenkel (die Arterien unterbunden) . . . . . | 104 |
| | | Rechter Schenkel . . . . . (Beide vor dem Einspritzen.) | 107 |
| 55′ | 2. | Nach dem Einspritzen von Fleischflüssigkeit: links . . . . . | 105 |
| | | rechts . . . . . | 95 |
| 57′ | 3. | links . . . . . | 105 |
| | | rechts . . . . . | 93 |
| 4 hor. 4′ | 4. | links . . . . . | 108 |
| | | rechts . . . . . | 87 |
| 15′ | 5. | links . . . . . | 108 |
| | | rechts (schwache fibrilläre Zuckung) . . . . . | 80 |

| Zeit. | Nummer der Zuckungen. | Bezeichnung der Extremitäten. | Abstand der Rollen bei der ersten Zuckung, in Mm. |
|---|---|---|---|
| 4 hor. 18′ | 6. | Neue Einspritzung von Fleischflüssigkeit: links . . . . . | 117 |
| | | rechts . . . . . | 70 |
| 22′ | 7. | links . . . . . | 118 |
| | | rechts . . . . . | 69 |
| | | (Fibrilläre Zuckung an den Oberschenkelmuskeln, der Gastrocnemius zuckt nicht mehr.) | |
| 30′ | 8. | links . . . . . | 118 |
| | | rechts . . . . . | 69 |
| | | (Nur noch der Rectus fem. zuckt.) | |
| 33′ | 9. | links . . . . . | 118 |
| | | rechts . . . . . | 65 |
| 50′ | 10. | links . . . . . | 110 |
| | | rechts . . . . . | 0!! |
| | | (Nur noch der Musc. rectus fem. contrahirt sich auf ganz starke Schläge, die übrigen Muskeln sind todt.) | |

Das Versuchsergebniss spricht für sich selbst. Während die (linke) Extremität, welche durch die Unterbindung der Arterien von der Einwirkung der eingespritzten Fleischflüssigkeit ausgeschlossen, ihre volle Erregbarkeit bewahrte, verlor die Extremität, welche unter der Einwirkung der Fleischflüssigkeit stand, rasch die Fähigkeit, sich auf Reize zu contrahiren, sie ermüdete.

Es stellte sich neben diesem Resultate noch das andere heraus, dass der mit Fleischbrühe ausgespritzte Muskel sich sehr viel schwächer zu contrahiren schien, als der gesunde, schon zu einer Zeit, in der die Erregbarkeit selbst sich noch wenig verändert zeigte. Es gehörte eine viel bedeutendere Annäherung der Rollen dazu, den Fleischbrühemuskel zu einem kräftigen Tetanus zu bringen, als der gesunde Muskel dazu erforderte. Es schien wünschenswerth, diese Beobachtung experimentell weiter zu prüfen.

Es bot sich dazu derselbe einfache Apparat als geeignet dar, den man schon S. 222 in Anwendung gebracht haben, der dort als „Muskelzeiger“ beschrieben wurde.

Genau dieselbe Versuchsvorrichtung, welche dort gedient hatte, wurde auch zu den folgenden Versuchen gebraucht.

Nach den dort gegebenen Auseinandersetzungen werden nun einige Versuchsresultate, welche ich mittheilen werde, leicht verständ-

lich sein. Das bisher eingehaltene Verfahren des Tetanisirens, Einspritzens etc. blieb vollkommen dem in den bisherigen Versuchen angewendeten Verfahren gleich.

Das Abziehen der Haut der unteren Extremitäten ist nicht nöthig. Die Versuche wurden wie die vorigen an Curare-Fröschen angestellt.

Zur Bereitung der Fleischflüssigkeit wurden je 6 Frösche für 25 CC. verwendet.

Um sichere Resultate zu erzielen, muss die Einspritzung der Fleischflüssigkeit in Pausen stets in kleinen Mengen auf einmal vorgenommen werden; dann genügen 25 CC. der Flüssigkeit, die anderen Falles nur sehr schwach wirksam sein können. Bei Beobachtung dieser Vorsichtsmaassregel hatte ich stets das gewünschte Resultat. Folgende Tabelle möge als Beispiel dienen, wie sich die Versuche praktisch gestalteten.

## Tabelle IV.
## Fleischbrühe-Kraftversuch.

| Zeit. | Stellung der Rollen. Mm. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| 11 hor. 40′ | 40 | Das Thier frisch, das Herz blosgelegt und die Spritze eingebunden | 8,5° |
| 45′ | ,, | Erste Einspritzung von Fleischbrühe, das Herz schlägt nicht mehr . . . . . | 7,0° |
| 47′ | ,, | — | 7,0° |
| 50′ | ,, | Zweite Einspritzung von Fleischbrühe (das Einspritzen selbst bringt schwachen Tetanus hervor) . . . . . | 7,0° |
| 51′ | ,, | — | 2,0° |
| 52′ | ,, | — | 0°!! |
| 60′ | ,, | — | 1° |
| 63′ | ,, | Einspritzung von halbprocentiger Kochsalzlösung, das Herz schlägt wieder . . . . . | 5,0° |
| 64′ | ,, | — | 5,5°! |
| 75′! | ,, | — | 5,0° |

Das Resultat ist sehr deutlich. Ein gut leistungsfähiger Muskel wird durch Einspritzen von Fleischflüssigkeit, der bei dem Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducte, fast momentan vollkommen ermüdet; Auswaschen der ein-

gespritzten ermüdenden Stoffe stellt seine Leistungsfähigkeit wieder her!

Der Rollenabstand muss so klein genommen werden, wie er in dem vorstehenden Versuch angewendet wurde, um etwaige kleine Schwankungen der Erregbarkeit des Muskels, wie sie natürlich in Folge des Versuchs eintreten, ausser Wirksamkeit zu setzen.

Auch bei diesen Versuchen zeigt sich das Phänomen der spontanen Erholung nach der Ermüdung in dem blutleeren Muskel unter Umständen. Die Fleischflüssigkeit muss dazu etwas weniger concentrirt sein. Auch hierbei erholt das Herz sich nur sehr selten und unvollständig. Am deutlichsten ist natürlich die Erholung bei Muskeln, denen man nur eine geringere Menge Fleischflüssigkeit eingespritzt hat und die dadurch ihre Leistungsfähigkeit nicht vollkommen eingebüsst haben. Ich theile auch ein solches Resultat beispielsweise mit. Die Versuchsbedingungen sind wie oben.

Tabelle V.

Spontane Erholung bei einem Fleischbrühe-Kraftversuch.

| Zeit. | Stellung der Rollen. Mm. | Zustand des Versuchsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| 1′ | 40 | Frischer Curarefrosch, Herz blosgelegt und die Spritze eingebunden . . . . . | 7,5°—8° |
| 3′ | ,, | Fleischflüssigkeit eingespritzt, fibrilläre Zuckungen und schwacher Tetanus in Folge der Einspritzung; Herz schlägt nicht mehr . . . . . | 4,0° |
| 4′ | ,, | — | 3,0°! |
| 5′ | ,, | — | 3,0° |
| 8′ | ,, | — | 3,5° |
| 10′ | ,, | — | 5,0°! |
| 13′ | ,, | — | 5,0° |
| 14′ | ,, | Halbprocentige Kochsalzlösung eingespritzt; das Herz schlägt wieder . . . . . | 6,5° |
| 22 | ,, | — | 6,5° |

Wir sehen, dass die ermüdende Einwirkung der Fleischflüssigkeit auch durch Bedingungen, die von der Circulation unabhängig sind und die sich nach der Ent-

fernung des Blutes aus dem Organismus noch im demselben vorfinden, aufgehoben werden kann.

Es scheint mir keinem Zweifel zu unterliegen, dass wir hier wie oben der Lymphe als einer wiederherstellenden Flüssigkeit begegnen.

Der Muskel erholt sich nach dem Einspritzen von Fleischflüssigkeit spontan bei normaler Gegenwart der Lymphe.

An diesem Orte schon will ich darauf aufmerksam machen, wie wir uns diese wiederherstellende Wirkung der Lymphe vorzustellen haben. Erstens müssen wir an die Neutralisation des sauren Muskelsaftes durch die Lymphe denken, wie diese schon oben hervorgehoben wurde. In dem folgenden Capitel wird zum directen Beweise dieser Annahme ein Versuch angestellt werden, auf den ich hier verweise — Neutralisation der Milchsäure innerhalb des Muskels durch kohlensaures Natron. — Auf der anderen Seite besitzt aber der Frosch auch in der seinen Muskel umspülenden Lymphe einen ziemlichen Ersatz für die Blutcirculation in dem Sinne des Auswaschens im Muskel angehäufter Stoffe, solange die Lymphherzen ihre Thätigkeit noch nicht eingestellt haben. Auch ohne eine wirkliche Circulation oder vielmehr Bewegung der Lymphe müssen fortwährend zwischen ihr und dem Muskelsafte Diffusionsvorgänge stattfinden, die den Erfolg besitzen, den Muskel von den ermüdenden Stoffen zu befreien. —

So ist es uns demnach gelungen, unsere Vermuthung, dass wir den Grund der Ermüdung des Muskels in den Veränderungen der Muskelsubstanz durch den Tetanus zu suchen haben, vollkommen zu bestätigen.

Die extreme Ermüdung des Muskels, wie wir sie bei unseren Versuchen entweder durch Strychninkrämpfe oder durch elektrischen Tetanus herbeiführten, kennzeichnet sich in ihrem Einflusse auf die Muskelzersetzungsvorgänge dadurch, dass während derselben die während und in Folge des Tetanus gesteigerte Oxydation der primären Muskelstoffe, auf welchem Vorgange die Muskelleistung beruht, eine so bedeutende Verminderung erfahren, dass keine Kraft zur Verwendung nach aussen zur Erzeugung einer Contraction mehr disponibel wird.

Wir haben nachgewiesen, dass dieser Zustand der Ermüdung schon eintrete, lange ehe aller zu physiologischen Zwecken zersetzbare Muskelstoff verbraucht sei, und haben eben daraus auf das Bestehen einer Hemmungsvorrichtung der Zersetzung geschlossen, die sich während

der Muskelaction ausbildet. In der Erholung nach der Ermüdung sehen wir nicht sowohl eine Ansammlung von neuem Stoff im Muskel, der nachdem der erste vollkommen verbraucht ist, neues Material zur Krafterzeugung lieferte; sondern wir müssen das Hauptgewicht legen nach unseren bisherigen Beobachtungen auf die Wegschaffung einer Hemmungsvorrichtung der Zersetzung der [überflüssig für eine weit grössere Arbeitsleistung als sie der Muskel je hervorzubringen im Stande ist] sich in ihm aufgespeichert vorfindenden Stoffmasse.

Dieses Verhältniss besteht nicht nur in unserer Einbildung, sondern es ist direct erwiesen durch die im Vorstehenden mitgetheilten Versuche.

Es ist die Anwesenheit der im Muskel bei normaler Zersetzung sich bildenden Producte im Muskelinnern, die wenn sie einen gewissen Grad erreicht hat, die Leistungen des Muskels vollkommen aufhebt.

Nicht eine Zufuhr neuen, zersetzbaren Stoffmateriales sondern ein einfaches Entfernen der betreffenden Zersetzungsproducte aus dem Muskel stellt dessen Leistungsfähigkeit wieder her.

Wir sind so im Stande allein durch geeignete Entfernung von gewissen Stoffen aus dem Muskel die normale Leistungsfähigkeit bedeutend zu steigern und es dient diese Erkenntniss rückwärts zur Bestätigung unseres auf ganz anderem Wege gefundenen Satzes, dass der Muskel unter gewöhnlichen Verhältnissen im Tetanus nur einen kleinen Theil seiner möglichen physiologischen Zersetzungen wirklich ausführt. Er kann ja, wenn wir die entstehende Hemmung künstlich wegräumen, immer neue und neue Leistungen hervorbringen d. h. er findet immer noch neuen Stoff zur physiologischen Zersetzung vorräthig.

Es ist klar, dass wir mit unserer Methode die wirklich anfänglich vorhandene verbrauchbare Stoffmenge nie gänzlich verbrauchen lassen können. Wir werden also auf diesem Wege, auch wenn wir eine Methode sie exact zu bestimmen hätten, niemals die absolute Leistungsfähigkeit des Muskels messen können, wie es auf den ersten Blick scheinen könnte. Während wir den Muskel durch Auswaschen von den in ihm enthaltenen, seine physiologische Thätigkeit hemmenden Stoffen befreien, waschen wir ja auch mit diesen stets einen Theil des genannten zersetzbaren Materiales aus ihm heraus. So erklärt es sich, dass die erneuten Auswaschungen einen immer schwächer werdenden herstellenden Erfolg erkennen liessen. —

Somit ist unsere Untersuchung in dem vorliegenden Capitel dem endlichen Ziele bedeutend näher gerückt.

Es bleiben uns für die Folge nur noch folgende Hauptfragen zu lösen übrig:

1. Was sind das für Stoffe, welche der Fleischflüssigkeit ihre ermüdenden Eigenschaften für dem Muskel ertheilen, uns

2. Wie sind diese Stoffe im Stande eine solche Wirkung hervorzubringen.

In den nächsten Capiteln sollen diese Fragen so weit möglich ihre Erledigung finden. Besonders wird es natürlich die zweite Frage sein, die uns in Beziehung auf ihre **vollkommene** Lösung unübersteigliche Schwierigkeiten in den Weg stellen wird —

Fassen wir zum Schlusse des Capitels die gewonnenen Resultate zusammen:

**Resultate.**

1. Die Leistungsfähigkeit der durch Tetanus im lebenden Thiere ermüdeten Muskeln kann durch das Entfernen des Blutes wiederhergestellt werden.

2. Diese Wiederherstellung besitzt ihren Grund in der durch das Austreten des Blutes aus dem Muskel gleichzeitig gesetzten theilweisen Entfernung der während des Tetanus angehäuften Muskelzersetzungsproducte.

3. Die Wiederherstellung ist noch vollkommener, wenn der Muskel mit einer für ihn indifferenten Flüssigkeit ausgewaschen wird.

4. Umgekehrt ist ein gut leistungsfähiger Muskel, indem man ihn mit den normalen Zersetzungsproducten der Muskelsubstanz imprägnirt, in den Zustand normaler Ermüdung zu versetzen. Seine Fähigkeit, auf minimale elektrische Reize zu reagiren — seine Erregbarkeit —, wird erhöht, während seine Fähigkeit, Gewichte zu heben — seine Leistungsfähigkeit —, vernichtet resp. vermindert wird.

5. Dieser künstlich erzeugte Zustand der Ermüdung kann nach beiden genannten Richtungen durch Auswaschen mit einer indifferenten Flüssigkeit wieder aufgehoben werden.

**6. Unter normalen Verhältnissen erfolgt die Wiederherstellung nach Ermüdung theils durch Entfernen der Muskelzersetzungsproducte durch die Circulation, theils durch Neutralisation der sauer gewordenen Muskelflüssigkeit durch die den Muskel umspülenden alkalischen Flüssigkeiten. —**

## Schlussbemerkungen.

Ich stellte zur Controle der am Frosche gewonnenen Resultate auch Versuche an warmblütigen Thieren — Kaninchen — an.

Die Resultate waren weniger eclatant als beim Frosche, was zu erwarten war.

Ich unterband die Aorta abdominalis, wie es bei dem Stannius'schen Versuch geschieht, und tetanisirte die unteren Extremitäten bis zum Reactionsloswerden. Es wurde sodann eine einprocentige blutwarme Kochsalzlösung eingespritzt und die Muskeln damit ausgewaschen. Unter diesen Umständen zuckten die Muskeln wieder auf directen Reiz, aber schwach.

War die Todtenstarre schon in geringem Grade eingetreten, so gab die Auswaschung keine Resultate.

Ich constatirte nebenbei die Beobachtung von W. Kühne, dass die Muskeln bei dem Stannius'schen Versuche nach der Unterbindung der Aorta abdominalis, wenn sie vom Nerven aus vollkommen unerregbar sind, doch durchaus noch nicht todtenstarr sind. Es scheint die in dem Blute und den Geweben sich in Folge der Unterbrechung der Circulation anhäufende Kohlensäure zu sein, welche lähmend auf die Nervencentralorgane einwirkt. Die Muskeln ergeben, vor dem Unterbinden der Aorta und nach dem Eintritt der vollkommenen Lähmung geprüft, keinen merklichen Unterschied in der Erregbarkeit — Nerven — und wie es scheint auch der Leistungsfähigkeit. Bei derselben Rollenstellung am Inductionsapparate erfolgte unter den angegebenen Bedingungen die erste Zuckung, bei derselben Rollenstellung der erste andauernde Tetanus.

---

LANE LIBRARY. STANFORD UNIVERSITY

## Fünfzehntes Capitel.

### Die einzelnen ermüdenden Stoffe.

---

§ 1.

**Wirkung der normal im Muskel vorhandenen Zersetzungsproducte der Muskelsubstanz auf den Muskel und das Nervensystem: Vorbesprechung.**

Wir haben im letzt-vorausgegangenen Capitel die schon aus den vorausgehenden Untersuchungen mit Bestimmtheit als vorhanden postulirte Hemmungseinrichtung der Muskeloxydation und damit der Muskelleistungen, die sich während und in Folge der Contractionen des Muskels ausbildet, als im Allgemeinen begründet gefunden in der Anwesenheit der in einem wässerigen Auszug des todtenstarren Muskels nach dem Kochen vorhandenen Muskelzersetzungsproducte.

Es sind dies bekanntlich dieselben Stoffe, welche sich nach dem Tetanus im Muskel vermehrt gefunden haben:

1. Milchsäure
2. Kreatin
3. Kreatinin
4. Zucker, zu denen
5. Kohlensäure

im tetanisirten Muskel noch hinzu kommt, die natürlich in der auf ihre Wirksamkeit auf die Muskelsubstanz im vorausgehenden Capitel geprüften Fleischflüssigkeit fehlte.

Wir werden zunächst unsere Aufmerksamkeit den Wirkungen dieser Stoffe im Einzelnen zuzuwenden haben, nachdem wir sie im vorhergehenden Capitel in ihrer Gesammtheit betrachtet haben.

Es wird sich fragen, ob die ermüdende Wirkung der Fleischflüssigkeit auf der Anwesenheit eines oder mehrerer oder aller genannten

Stoffe beruhe, oder ob vielleicht nur ihre Gesammtheit Verhältnisse setze, welche keiner allein hervorzurufen im Stande ist.

Wir werden bei der Prüfung der Wirkungen dieser oben genannten Stoffe ganz denselben Weg einzuschlagen haben, den wir für die Fleischflüssigkeit im vorigen Capitel gefunden haben.

Wir bedienen uns wieder als Maass für die Erregbarkeit des Muskels resp. Nerven des Rollenabstandes der secundären Rolle des du Bois Reymond'schen Schlittenapparates von der primären, bei welchem die erste minimale Zuckung bemerkbar wird.

Als Bild für die Leistungsfähigkeit werden wir wieder die Zuckungsgrösse des Muskels am Muskelzeiger gemessen betrachten bei einem constanten Rollenabstand des Magnetelektrōmotors von 40 M M.

Gehen wir sogleich zur Darlegung der angestellten Versuche selbst über.

## § 2.

### Die Milchsäure in ihren Wirkungen auf den Muskel und Nerven.

Das Resultat aller angestellten, sehr zahlreichen Versuche lässt sich in den Satz zusammenfassen:

Die Ergebnisse der Milchsäure-Einspritzungen in den leistungsfähigen Muskel stimmen vollkommen mit denen der Fleischflüssigkeits-Einspritzungen überein.

Auch hierbei zeigte sich, dass eine Flüssigkeit — 25 CC. halbprocentige Kochsalzlösung mit 3 gtt. — 20 gtt. Milchsäure —, in welcher ein ausgeschnittener Muskel sehr rasch seine Leistungsfähigkeit einbüsste, in die Blutgefässe des Frosches eingespritzt, zwar das Herz tödtete, die Erregbarkeit der Skeletmuskeln aber anfänglich erhöhte. Auch hier folgte der anfänglichen Erhöhung der Erregbarkeit, die bei Curare-Fröschen ebenfalls fast ganz verschwand, nur sehr langsam und wenig in die Augen springend ein Absinken derselben. Auch bei diesen Einspritzungen zeigte sich, dass während der Erregbarkeit des Muskels zunahm oder ungeändert blieb, die Kraft desselben sehr rasch vernichtet wurde.

In folgenden Tabellen sind Beispiele dieser Art zusammengestellt, die ein Bild der beobachteten Verhältnisse geben sollen. Die Versuchsvorrichtungen waren die gleichen, wie sie in den bisher besprochenen Versuchen angewendet wurden.

## Versuch I.

### Steigerung der Erregbarkeit des Muskels durch Milchsäure-Einspritzung.

(50 CC. Salzwasser + 5 gtt. Milchsäure.)

| Zeit. | Nummer der Zuckung. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand bei der ersten Zuckung. Mm. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| | 1. | Unvergifteter Frosch, frisch . . . . . | 139 | |
| | 2. | — | 140 | |
| | 3. | Blutleer . . . . | 140 | |
| | 4. | Salzwasser 20 CC. eingespritzt . . | 140 | |
| | 5. | Milchsäure (50 CC. + 5 gtt. Säure eingespritzt . . . | 140 | Anfangs allgemeiner Tetanus, später fibrilläre Zuckungen aller Muskeln, die fortdauern. Das Herz wird nach einigen raschen Schlägen schlaff, nur die Vorhöfe pulsiren langsam, später auch sie nicht mehr. |
| 4 hor. 55′ | 6. | — | 153 | |
| | 7. | — | 154 | |
| 5 hor. 2′ | 8. | — | **163!** | |
| 3′ | 9. | — | 156 | |
| 5′ | 10. | — | 151 | |
| 7′ | 11. | — | 147 | |
| 9′ | 12. | — | 147 | |
| 13′ | 13. | — | 148 | Die fibrillären Zuckungen haben aufgehört! |
| 20′ | 14. | — | 153 | |
| 22′ | 15. | — | 154 | |
| 24′ | 16. | — | 156 | |
| 26′ | 17. | — | 158 | |
| 28′ | 18. | — | 160 | |
| 34′ | 19. | — | 161 | |
| 57′ | 20. | — | 161 | |

Der Versuch lehrt, dass bei einem gesunden Frosche einer anfänglichen Erhöhung der Muskelerregbarkeit ein allmähliches Absinken derselben folgt, begleitet von Zuckungen des Muskels. Diese Zuckungen verschwinden in der Folge und damit — mit dem Schwächerwerden der Einwirkung der Säure — sehen wir wieder ein Ansteigen der Erregbarkeit.

Die anfängliche Erhöhung der Erregbarkeit des Muskels und die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegen die herabsetzende Einwirkung der Milchsäure auf die Muskelerregbarkeit vermögen wir ebenso, wie wir dies bei der Fleischflüssigkeit im Stande waren, dadurch auszuschliessen, dass wir den Versuch an einem Curarefrosch anstellen und die Lymphe aus dem Körpertheile, dessen Erregbarkeit geprüft werden soll, entfernen. Folgende Tabelle enthält einen derartigen Versuch.

## Versuch II.

### Absinken der Erregbarkeit des Muskels bei Milchsäure-Einspritzung (50 gtt. Kochsalzlösung + 40 gtt. Säure) nach Entfernung der Lymphe.

| Zeit. | Nummer der Zuckung. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand bei der ersten Zuckung in Mm. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 1′ | 1. | Frosch mit Curare vergiftet, Herz blosgelegt etc. . . . | 87 | |
| 3′ | 2. | Säure-Einspritzung | 89 | Fibrilläre Zuckungen, |
| 4′ | 3. | — | 84 | Herz blass und ver- |
| 7′ | 4. | — | 80 | schrumpft. |
| 8′ | 5. | — | 79 | |
| 9′ | 6. | Zweite Säure-Einspritzung . . . . | 82 | |
| 10′ | 7. | — | 79 | |
| 16′ | 8. | Dritte Säure-Einspritzung . . . . | 80 | |
| 18′ | 9. | — | 77 | |
| 20′ | 10. | — | 74 | |
| 26′ | 11. | — | 72 | |
| 31′ | 12. | — | 70 | |
| 36′ | 13. | — | 69 | |
| 41′ | 14. | — | 65 | |
| 46′ | 15. | — | 63 | |
| 51′ | 16. | — | 59 | |
| 56′ | 17. | — | 20 | |
| 60′ | 18. | — | 20 | |
| 1 hor. 5′ | 19. | — | 0!! | |

Die Lymphräume waren bei diesem Versuch mit der halbprocentigen Kochsalzlösung ausgespritzt und dadurch von Lymphe möglichst befreit. Die Concentration der eingespritzten Säure war so gross, dass der Blutfarbstoff sogleich schwarz dadurch wurde; der Muskel fing jedoch erst sehr spät an, merkliche Veränderung in seiner Erregbarkeit zu zeigen. Nach jeder neuen Säureeinspritzung zeigte sich eine minimale Erhöhung der Erregbarkeit.

Zum Schlusse des Versuches reagirten nur noch die Fussmuskeln auf den elektrischen Reiz. —

Folgende Tabelle enthält eine Kraftmessung nach Milchsäureeinspritzung.

### Versuch III.

### Milchsäure-Kraftversuch.

(25 CC. Salzlösung + 20 gtt. Milchsäure.)

| Zeit. | Stellung der Rollen. Mm. | Zustand des Versuchsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| 1′ | 40 | Curare-Frosch, Herz blosgelegt, Spritze eingebunden . . . . | 8,0° |
| 3′ | ,, | Milchsäure-Einspritzung . . . | 4,0° |
| 6′ | ,, | — | 2,0° |
| 7′ | ,, | — | 1,5° |
| 8′ | ,, | — | 1,0° |
| 9′ | ,, | — | 0,5° |
| 10′ | ,, | — | 0°! |

Bei dem vorstehenden Versuche wurde nur eine Einspritzung vorgenommen, dadurch trat die Ermüdung etwas langsamer ein, als sie es bei mehrmaligem Einspritzen thut.

Wir sehen aus den vorstehenden Versuchen, dass die Milchsäureeinspritzungen sich vollkommen analog in ihren Resultaten verhalten, wie die Einspritzungen von saurer Fleischflüssigkeit. Es lässt sich danach der Satz aussprechen:

Die Milchsäure, die in dem tetanisirten Muskel frei enthalten ist — Fleischmilchsäure — vermag alle die Phänomene der Ermüdung hervorzubringen, die wir von der Fleischflüssigkeit beobachtet haben. —

Es schien mir wünschenswerth zu sein, die Ansicht, dass die alkalische Lymphe durch Neutralisation der Säure deren ermüdende Wirkung aufzuheben im Stande sei, experimentell zu prüfen. Ist es die Alkalinität der Lymphe, welche in Frage kommt bei dem Vorgange der spontanen Erholung des ermüdeten blutfreien Muskels, so musste sich durch Neutralisation der eingespritzten Milchsäure, welche den Muskel ermüdete, auch durch eine andere alkalische Flüssigkeit als Lymphe, derselbe Effect erzielen lassen.

Ich wählte zu diesem Zwecke eine verdünnte Lösung von kohlensaurem Natron. Es war vor allem nöthig, ihre Einwirkung auf die Leistungsfähigkeit des Muskels für sich allein zu prüfen.

Die zu diesem Zwecke angestellten Versuche waren vollkommen analog den bisher besprochenen Kraftmessungsversuchen. In einer zweiten Reihe von Versuchen wurde, nachdem der Muskel durch Säure-

Einspritzung ermüdet war, vorsichtig die alkalische Flüssigkeit eingespritzt und der Effect beobachtet.

Wie die Milchsäure, so wurde auch das kohlensaure Natron mit der halbprocentigen Kochsalzlösung verdünnt. Die Alkalinität der Flüssigkeit entsprach möglichst der der Lymphe.

### Versuch IV.

### Kraftversuch mit kohlensaurem Natron.

| Zeit. | Abstand der Rollen. Mm. | Zustand des Versuchsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| 1′ | 40 | Curare-Frosch etc. . . . . | 9,5° |
| 3′ | ,, | Einspritzung von 25 CC. Natronlösung, das Herz schlägt sehr rasch und stark . . . | 9,0° |
| 5′ | ,, | — | 9,0° |
| 6′ | ,, | Das Herz hört auf zu schlagen, die Vorhöfe pulsiren rasch . | 8,0° |
| 9′ | ,, | — | 7,5° |
| 10′ | ,, | — | 6,0° |
| 14′ | ,, | Die Herzkammer schlägt . . | 5,2° |
| 15′ | ,, | — | 4,0° |
| 16′ | ,, | — | 3,0° |
| 17′ | ,, | — | 2,8° |
| 18′ | ,, | — | 2,0° |
| 19′ | ,, | — | 1,5° |
| 20′ | ,, | — | 1,5° |
| 23′ | ,, | — | 1,0° |
| 24′ | ,, | — | 0,8° |
| 26′ | ,, | — | 0,5°! minimale Zuckung. |

Der Effect der Einspritzung von kohlensaurem Natron in den leistungsfähigen Muskel ist demnach eine langsame Abnahme seiner Leistungsfähigkeit, welche mit vollkommener Leistungsunfähigkeit endet.

Es ist klar, dass, wenn wir bei der Einspritzung von kohlensaurem Natron in den durch Milchsäureeinspritzung vorher ermüdeten Muskel eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit desselben erhalten, dies nicht auf einem Verdrängen der Säurewirkung durch die Alkaliwirkung beruhen kann, da letztere ja nicht die Leistungsfähigkeit erhöht, sondern herabsetzt. Folgende Tabelle enthält einen derartigen Versuch.

## Versuch V.

| Zeit. | Abstand der Rollen. Mm. | Zustand des Versuchsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| 1′ | 40 | Curare-Frosch etc. . . . . | 7,5° |
| 3′ | ,, | Milchsäure-Einspritzung (25 CC. + 20 gtt. Säure) . | 4,0° |
| 4′ | ,, | — | 3,5° |
| 5′ | ,, | — | 3,0° |
| 5,5′ | ,, | — | 2,0° |
| 6′ | ,, | — | 1,5° |
| 7′ | ,, | — | 1,0° |
| 8′ | ,, | — | 0°! |
| 10′ | ,, | Einspritzung von kohlensaurem Natron (25 CC. + 20 gtt. $NaO.CO_2$) . . . . . | 1°! |
| 12′ | ,, | — | 2,0° |
| 13′ | ,, | — | 2,5° |
| 15′ | ,, | — | 1,5° |
| 17′ | ,, | Zweite Einspritzung von $NaO.CO_2$ . . . . . | 1,5° |
| 18′ | ,, | — | 1,0° |
| 19′ | ,, | — | 0,5° |
| 20′ | ,, | — | 0° |

Das Resultat entspricht unseren Erwartungen. Die vorsichtige Neutralisation der den Muskel ermüdenden Säure im Innern des Muskels vermag dessen Leistungsfähigkeit wieder herzustellen. Natürlich ist diese Wiederherstellung stets nur ein unscheinbares Phänomen, verglichen mit dem Resultate der Ausspritzung der ermüdenden Substanzen durch eine indifferente Flüssigkeit. Eine Flüssigkeit, welche durch ihre eigene Anwesenheit die Leistungsfähigkeit des Muskels vernichtet, wird stets nur vorübergehende Resultate zu erzielen im Stande sein.

Nachdem die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Muskels durch Neutralisation der den Muskel ermüdenden Säure wieder verschwunden ist, ist der Muskel in einen Zustand versetzt, in dem er durch Salzwasser-Injection nicht mehr zu Kraftäusserungen gebracht werden kann; wenigstens sind die nachträglichen indifferenten Injectionen nur von minimaler Wirkung. —

Zum Schlusse dieser Untersuchung über die Einwirkung der Milchsäure auf den Muskel und den Nerven habe ich auf folgende bisher im Texte der Darstellung der Versuche noch nicht erwähnte Resultate aufmerksam zu machen.

Das Erste, was ich zu erwähnen habe, ist die constante Beob-

achtung, dass auf das Einspritzen der Milchsäure in den Muskel regelmässig starke Muskelcontractionen folgten, war das Thier mit Curare vergiftet oder frisch. Diese Contractionen zeigten entweder einen tetanischen Charakter oder sie waren mehr nur fibrillärer Natur.

Es ist klar, dass demnach die Milchsäure als ein Reiz bei diesen Versuchen wirkte; da die genannten Contractionen auch bei mit Curare vergifteten Thieren eintraten, so unterliegt es keinem Zweifel, dass wir es mit einem Muskelreize zu thun haben.

Die Milchsäure wirkt auf die Muskelsubstanz selbst, abgesehen von dem Einflusse der Nerven als Reiz ein.

Wir werden sehen, dass diese Erfahrung später von Wichtigkeit für die Auffassung der im Tetanus statthabenden Verhältnisse werden wird. —

Ein Zweites, worauf ich die Aufmerksamkeit noch lenken will, ist die Thatsache, dass die Milchsäure, ganz wie wir dies in der Fleischflüssigkeit schon gesehen haben, eine vollkommen verschiedene Wirkung auf die peripherischen Nerven als auf die Muskeln selbst ausübt.

Wir sahen, dass die Milchsäure die Lebenseigenschaften des Muskels, so lange sie mit dem Muskel in Berührung ist, herabsetzt resp. vernichtet, sie ermüdet ihn. Als Ausdruck dieser Ermüdung betrachten wir die beiden Umstände, dass der Muskel nach der Milchsäureeinspritzung wie bei normaler Ermüdung, seine Fähigkeit, Gewichte zu heben, einbüsst und einer stärkeren elektrischen Erregung bedarf, um eine Minimalzuckung zu machen, wir sagten, seine Erregbarkeit und Leistungsfähigkeit sei vermindert.

Ganz anders verhält sich der Nerv.

Er wird durch die Anwesenheit der Milchsäure nicht in seiner Erregbarkeit herabgesetzt, sondern diese erfährt eine beträchtliche Steigerung, wie dies die Versuche an dem unvergifteten Frosch ergaben.

Muskelgewebe und peripherisches Nervengewebe verhalten sich demnach in ihrer Reaction gegen Milchsäure gerade umgekehrt. Bei dem ersteren zeigt sich in Folge der Anwesenheit des genannten Stoffes eine Herabsetzung, bei dem zweiten eine Erhöhung der Lebenseigenschaften.

Wir werden später auf dieses Wechselverhältniss noch eingehender zu sprechen kommen.

## § 3.

### Das Kreatin in seinen Wirkungen auf den Muskel und Nerven.

Die Versuchsvorrichtungen bei diesen Versuchen blieb den bisher angeführten gleich; das Gewicht am Muskelzeiger betrug aber in diesen und den folgenden Beobachtungen nicht mehr 30 Gramm sondern nur 10 Gramm, um die Ausschläge des Zeigers etwas grösser werden zu lassen. —

Man könnte auf den Gedanken kommen, dass das Kreatin, welches ein ziemlich indifferenter Körper ist, sich aber — wenn man sein Uebergehen in das basische Kreatinin in's Auge fasst — eher den basischen Körpern als den Säuern anschliesst, vielleicht auf den Muskel eine wiederherstellende Wirkung analog wie kohlensaures Natron zeigen könnte.

Es wäre von vorn herein nicht undenkbar, dass ein und derselbe Vorgang im Muskel die Erzeugung vernichtender und erhaltender Momente in Beziehung auf seine Lebenseigenschaften besorgte. Dem ist in diesem Falle nicht so.

**Kreatin**, obwohl von so verschiedenen chemischen Eigenschaften, hat die gleiche ermüdende Wirkung wie **Milchsäure**.

Einige Beispiele von Untersuchungen der Muskelleistungsfähigkeit und Erregbarkeit vor und nach der Kreatin-Einspritzung in den Froschmuskel, werden genügen, die hier obwaltenden Verhältnisse anschaulich zu machen.

Versuch Nr. I.

Kreatin-Kraftversuch.

| Zeit. | Stellung der Rollen. Mm. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| 10 hor. | 40 | Das Thier mit Curare vergiftet, das Herz blosgelegt, die Spritze eingebunden, das Blut durch Einspritzen von 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung entfernt, das Herz schlägt regelmässig . . . . | 45° |
| | | Es werden langsam in zwei Pausen 30 CC. einer 0,5 % Kreatinlösung in der oben angewendeten Kochsalzflüssigkeit eingespritzt . . . . . | 5° |
| 10 hor. 7 M. | „ | Das Herz schlägt, nachdem die ersten Tropfen des eingespritzten Kreatins die innere Herzwand berührten, nicht mehr, | |

| Zeit. | Stellung der Rollen. Mm. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| 10 hor. 17 M. | 40 | es steht still und wird durch die Einspritzung wie eine Blase passiv ausgedehnt. Es treten — obwohl die Nerven durch das Curare gelähmt sind — nach der Einspritzung des Kreatins tetanische Contractionen, dann Muskelwühlen ein. Der Tetanus hält den Zeiger auf 10°. Die elektrische Prüfung wurde nach der Beruhigung dieser Krämpfe angestellt. Es werden wieder langsam in Pausen 75 CC. Salzlösung eingespritzt . . . | 50° |
| 11 hor. 47 M. | | Das Herz fängt, nachdem einige CC. Salzwasser durchgewaschen wurden, seine Bewegungen in normaler Weise wieder an. Die ersten Bewegungen sind schwach und langsam. Nach 1¼ Stunden schlägt es noch fort. | |

Der ebenbeschriebene Versuch wurde zur Demonstration in der Vorlesung angestellt und war vollkommen brauchbar zu einem Collegversuch.

## Versuch Nr. II.

## Kreatin-Kraftversuch.

| Zeit in Minuten. | Stellung der Rollen. MM. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| 1. | 40 | Das Thier mit Curare vergiftet, die Spritze eingebunden . . . . . | 45° |
| 2. | ,, | — | 50° |
| 4. | ,, | Das Blut durch 0,7 % Kochsalzlösung verdrängt, das Herz schlägt regelmässig. Die Muskeln sind spontan ruhig . . . . . | 45° |
| 5. | ,, | — | 47° |
| 6. | ,, | — | 48° |
| 7. | ,, | Einspritzung von Kreatinlösung in 0,7 % Kochsalzflüssigkeit in zwei Malen je 75 CC. . Das Herz steht still, wie im ersten Versuch. Es treten nach dem Einspritzen des Kreatins Muskelkrämpfe, fibrilläre Zuckungen ein. Die elektrische Prüfung wurde erst nach Beruhigung dieser Krämpfe angestellt. | 35° |
| 9. | ,, | — | 29° |
| 10. | ,, | — | 24° |
| 11. | ,, | — | 16° |
| 12. | ,, | — | 11°! |
| 13. | ,, | Es wurde der Frosch durch Einspritzung von 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung ausgewaschen . Das Herz schlägt schwach wieder. | 15° |
| 14. | ,, | Zweite Waschung mit 75 CC. Kochsalzlösung Das Herz schlägt lebhafter. | 21° |
| 15. | ,, | Das Herz schlägt rasch und regelmässig . . | 28° |
| 45. | ,, | Das Herz pulsirt . . . . . | 30° |

## Versuch Nr. III.
## Kreatin-Kraftversuch.

| Zeit in Minuten. | Abstand der Rollen. MM. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| 1. | 40 | Der Frosch mit Curare vergiftet . . | 40° |
| 5. | ,, | Die Spritze eingebunden, 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung durchgewaschen . . . | 40° |
| 7. | ,, | 75 CC. einer 0,2 % Kreatinlösung auf drei Male eingespritzt . . . . . | 10° |
| | | Das Herz ist reactionslos, die Muskeln verfallen bei dem Einspritzen in Zuckungen. | |
| 8. | ,, | — | 9° |
| 9. | ,, | 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung durchgewaschen . . . . . | 25° |
| | | Das Herz schlägt wieder. | |
| 12. | ,, | Weitere 75 CC. Kochsalzlösung eingespritzt . . . . . | 25° |

Das Versuchsergebniss ist sehr deutlich:

Das **Kreatin** setzt die Fähigkeit des Muskels, Gewichte zu heben — seine Leistungsfähigkeit —, in analoger Weise herab wie Milchsäure, das **Kreatin** ermüdet den Muskel.

Die vorstehend mitgetheilten Versuche enthalten keinen, in dem die Leistungsfähigkeit des Muskels durch die Kreatineinspritzung = 0 geworden wäre. Später werden einige Kreatinermüdungsversuche ihre Stelle finden, bei denen dieser extreme Grad der Ermüdung erreicht wurde.

Es ist zu bemerken, dass das Kreatin ebenso wie die Milchsäure bei dem Einspritzen allgemeine Muskelcontractionen am Curarefrosch hervorrief. Es ist demnach auch das **Kreatin** ein Muskelreiz wie die Milchsäure.

Es wurden auch Versuche angestellt, in denen bei demselben Thiere Kreatin und Milchsäure abwechselnd eingespritzt wurden, um den Erfolg ihrer combinirten Wirkung zu studiren.

Ein derartiges Beispiel wird genügen, die beobachteten Verhältnisse zu zeigen.

## Versuch Nr. IV.
## Kreatin-Milchsäure-Kraftversuch.

| Zeit. | Abstand der Rollen in MM. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| | 40 | Das Thier mit Curare vergiftet, blutha ltig . | 45° |
| 10 hor. | „ | Nach dem Durchwaschen von 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung . . . . . | 44° |
| 5′ | „ | 25 CC. 0,2 % Kreatinlösung in 0,7 % Kochsalzflüssigkeit eingespritzt . . . . . Das Herz schlägt noch schwach, fibrilläre Muskelzuckungen. | 40° |
| 6′ | „ | — | 39° |
| 10′ | „ | — | 42° |
| 13′ | „ | Neue Kreatineinspritzung von 25 CC. derselben Lösung . . . . . Das Herz steht still und reagirt nicht mehr auf directe Reize, Streckkrämpfe in den Muskeln, nachher Muskelwühlen. | 20° |
| 14′ | „ | — | 15° |
| 15′ | „ | — | 14° |
| 18′ | „ | — | 13°! |
| 19′ | „ | Es wurden nun 25 CC. 0,7 % Kochsalzlösung mit 7 Tröpfchen Milchsäure versetzt langsam eingespritzt . . . . . | 10° |
| 22′ | „ | — Das Herz ist reactionslos. | 8°! |
| 23′ | „ | 75 CC. Kochsalzlösung von 0,7 % durchgewaschen . . . . . Das Herz bleibt ohne Reaction. | 11° |
| 24′ | „ | — | 13° |
| 27′ | „ | Weitere 75 CC. Kochsalzlösung eingespritzt Das Herz bleibt todt. | 14° |
| 28′ | „ | — | 15° |
| 37′ | „ | — | 16° |

Der Versuch zeigt deutlich:

Zwischen **Kreatin** und **Milchsäure** besteht kein analoger Antagonismus wie zwischen **Milchsäure** und **kohlensaurem Natron.**

**Kreatin** mit **Milchsäure** ermüden noch mehr als **Kreatin** allein.

Nach der ersten Einspritzung von Kreatin zeigte sich in diesem Versuche eine spontane Erholung des Muskels in Bezug auf seine Fähigkeit, Gewichte zu heben.

Diese Erholung kann so weit gehen, dass beinahe wieder die anfängliche Leistungsfähigkeit des Muskels zu Tage tritt. Dabei sah ich aber niemals eine spontane Erholung des Herzens, das unter allen Umständen reactionslos blieb, wenn es seine normale Thätigkeit einmal eingestellt hatte.

Es geht daraus hervor:

Auch für Kreatin existiren im normalen Organismus abgesehen von der Blutcirculation Bedingungen, welche seine Wirksamkeit auf den Muskel aufzuheben im Stande sind.

Man hat hier vor Allem an die Diffusion aus dem Muskel in die noch vorhandene Lymphe zu denken, aber es scheint mir, dass auch noch vielleicht ein anderes Moment — siehe § 4 — in Wirksamkeit tritt.

Im Folgenden theile ich ein Beispiel dieser spontanen Erholung am Curare-Frosch mit.

### Versuch Nr. V.

### Kreatin-Kraftversuch mit spontaner Erholung.

| Zeit in Minuten. | Abstand der Rollen in MM. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Ausschlag des Zeigers. |
|---|---|---|---|
| 1. | 40 | Der Frosch durch Curare vergiftet, bluthaltig | 50° |
| 5. | „ | 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung durchgewaschen . . . . . | 49° |
| 6. | „ | 75 CC. 0,2 % Kreatinlösung in 0,7 % Kochsalzflüssigkeit eingespritzt . . . . . | 27° |
| | | Das Herz stellt nach einigen peristaltischen Bewegungen seine Thätigkeit ein. Die Muskeln zuckten bei dem Einspritzen. | |
| 8. | „ | — | 23°! |
| 11. | „ | — | 23° |
| 17. | „ | — | 23° |
| 25. | „ | — | 30° |
| 34. | „ | — | 31° |
| 40. | „ | — | 34! |
| 51. | „ | — | 32° |
| 66. | „ | Herz noch immer reactionslos . . . . . | 30° |
| 71. | „ | Es wurden nun 75 CC. der obigen Kochsalzlösung langsam durchgewaschen . . . . . | 34° |
| | | Das Herz schlägt nun wieder, aber noch schwach. | |

Die hier mitgetheilten Versuche mögen genügen, um die durch Kreatin im Muskel gesetzten Veränderungen in Beziehung auf seine Leistungsfähigkeit zu demonstriren.

Es bleibt uns noch die Aufgabe, zu entscheiden ob das Kreatin auch darin der Milchsäure und dem Gesammt-Fleischextract analog wirke, dass seine Anwesenheit neben der Herabsetzung der Leistungsfähigkeit des Muskels eine Erhöhung der Erregbarkeit der peripherischen Nerven zur Folge habe.

Auch hier sollen beispielsweise einige Versuche mitgetheilt werden aus einer grossen Anzahl anologer herausgegriffen. —

## Versuch Nr. VI.

### Kreatin-Erregbarkeitsversuch.

| Zeit. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Rollenabstand bei dem Eintritt der ersten Zuckung in MM. |
|---|---|---|
| | Frischer Frosch, auf das Versuchsbret aufgebunden . . . . . | 155 |
| | Nach dem Bloslegen des Herzens, dem Einbinden der Spritze und dem Blutaustritt 75 CC. | 160 |
| | Salzlösung durchgespritzt . . . . . | 161 |
| | Einspritzung von 0,2 % Kreatinlösung in 4 Pausen . . . . . | 167 |
| | Das Herz steht still. In den willkürlichen Muskeln treten wühlende Allgemeinkrämpfe | 180 |
| 3′ | auf . . . . . | 200 |
| | Spontane Erholung nach der Einspri- | 210 |
| 5′ | tzung von Kreatin . . . . . | 190 |
| 7′ | — | 190 |
| 9′ | Es treten von Zeit zu Zeit krampfhafte Spon- | |
| | tanbewegungen ein . . . . . | 188 |
| 24′ | — | 175 |
| 35′ | Das Herz schlägt wieder . . . . . | 173 |
| 50′ | Das Herz ist wieder gelähmt und reagirt | |
| | auch auf Reize nicht . . . . . | 170 |
| 12 hor. | Herz gelähmt . . . . . | 168 |
| 10′ | — | |
| 12′ | Es werden 75 CC. Salzwasser eingespritzt, wodurch die Erregbarkeit noch weiter herabgesetzt wird. Das Herz schlägt rasch und stark | 145 |
| 20′ | Nach der Salzwassereinspritzung kehrt der anfängliche Grad der Erregbarkeit zurück . . | 155 |

## Versuch Nr. VII.

### Drei Kreatin-Erregbarkeitsversuche.

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Rollenabstand bei dem Eintritt der ersten Zuckung in MM. |
|---|---|---|
| 1. | Frischer Frosch, nach dem spontanen Austritt des Blutes bei dem Einbinden der Spritze . | 172 |
| | Nach spontanen kräftigen Bewegungen . . . . . | 175! |
| | Nach dem Einspritzen von 75 CC. der stets gebrauchten Kochsalzlösung . . . . . | 170 |
| | Einspritzung von Kreatinlösung 75 CC. 0,2 % in Kochsalzlösung . . . . . | 182 |
| | Flimmernde Muskelkrämpfe, das Herz ist reactionslos. | |
| | Zwei Minuten später . . . . . | 187! |

| Versuchs-Nummer. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Rollenabstand bei dem Eintritt der ersten Zuckung in MM. |
|---|---|---|
| 2. | Frischer Frosch nach dem Blutaustritt wie oben (keine Kochsalzwaschung) . . . . . | 210 |
| | Kreatineinspritzung wie oben 75 CC. 0,2 % | 245! |
| | Das Herz ist gelähmt. Starke flimmernde Muskelzuckungen, später, nachdem das Herz gelähmt ist, lassen sie nach und kommen auf neue Einspritzungen nicht wieder. | |
| | Nach dem Auswaschen des Frosches mit Salzwasser, wonach das Herz wieder schlägt, treten auch auf Kreatineinspritzung wieder Krämpfe auf. | |
| 3. | Frischer Frosch nach dem Blutaustritt wie bei 1 (keine Kochsalzwaschung) . . . . . | 160 |
| | 75 CC. 0,2 % Kreatinlösung in 0,7 % Kochsalzflüssigkeit eingespritzt . . . . . | 200! |
| | Das Herz ist gelähmt. Es treten sogleich starke Allgemeinkrämpfe auf, die nach einiger Zeit, wenn das Herz still steht, nachlassen. | |

Die mitgetheilten wie alle angestellten Versuche über die Einwirkung des Kreatins auf die Nervenerregbarkeit ergeben:

Das Kreatin erhöht die Erregbarkeit der peripherischen Nerven ganz in der gleichen Weise wie Milchsäure.

(Weitere Versuche mit Kreatin siehe im folgenden Capitel Nr. XVI. § 3. bei den Harnstoffversuchen.)

Wir haben somit das Kreatin in allen Beziehungen in seiner Wirkung der Milchsäure und dem Gesammtextract des Muskels gleich gefunden.

Das Kreatin setzt die Lebenseigenschaften des Muskels herab und erhöht die der peripherischen Nerven.

Dabei ist das Kreatin ebenso wie die Milchsäure ein Muskelreiz, die Muskeln kommen bei dem Einspritzen desselben in Zuckungen.

Der Versuch Nr. 6 kann zugleich als Beispiel dienen, dass eine spontane Ausgleichung der Kreatinwirkung nicht nur in Beziehung auf den Muskel sondern auch auf den peripherischen Nerven auch noch nach Sistirung des Blutkreislaufes stattfinden könne. Wir sehen die in Folge der Kreatineinspritzung gesteigerte Erregbarkeit wieder spontan absinken und sich dem normalen Erregbarkeitsgrade annähern.

Nummer 1 des Versuchs Nr. 7. gibt uns ein Beispiel davon, dass auch willkürliche Muskelbewegungen die Erregbarkeit der Nerven momentan erhöhen, dass die Ermüdung des Muskels auch normal mit einer Erhöhung der Erregbarkeit des Nerven verbunden sei, was übrigens schon allgemein bekannt ist. Jeder hat wohl an sich selbst nach übermässigen Muskelanstrengungen diesen Zustand erhöhter Erregbarkeit der Nerven mit verminderter Leistungsfähigkeit der Muskeln kennen lernen.

Am Frosche lässt sich dieser Zustand nach jeder einzelnen Muskelzuckung stets nachweisen.

## § 4.

### Die physiologischen Wirkungen des Kreatinin's.

Wir kommen zur Betrachtung der Wirkungen eines dritten Stoffes auf das Muskelgewebe und das mit demselben verbundene peripherische Nervengewebe: zum Kreatinin.

Die schon mehrmals genannten Untersuchungen von Sarokow haben nachgewiesen, dass neben der Vermehrung des Kreatin's im tetanisirten Muskel auch eine Umwandlung von Kreatin in Kreatinin im Muskel während des Tetanus stattfinde.

Das Kreatinin zeigt starke basische Eigenschaften, während das Kreatin in dieser Beziehung ziemlich indifferent ist. Man könnte mit einigem Rechte vermuthen, dass der erstgenannte Stoff seiner stärkeren Affinitätsbeziehungen wegen eine vielleicht noch stärkere Wirkung auf das Muskelgewebe ausübe als das Kreatin. Dem ist jedoch sicher nicht so. Folgende Versuchsbeispiele werden die beobachteten Verhältnisse klar zu machen im Stande sein.

Leider war ich wegen Mangels an Material bisher verhindert, eine grössere Anzahl von Versuchen mit Kreatinin anzustellen; doch scheint mir aus den wenigen gemachten Beobachtungen schon ein sicherer Schluss auf die Wirkungsweise dieses Stoffes sich ableiten zu lassen.

Es ist um so mehr wünschenswerth, dass die vorliegenden Versuche noch fortgesetzt werden, als sich, wie wir sogleich sehen werden, wichtige Fragen, die bisher noch nicht haben entschieden werden können, an den genannten chemischen Stoff anschliessen. Vielleicht werde ich später noch im Stande sein in einer neuen Untersuchung auf

das Kreatinin und seine Wirkungsweise zurückzukommen. Solange müssen wir einige Fragen, deren experimentelle Entscheidung ziemlich leicht und sicher gelingen müsste, die sich an diesen Stoff knüpfen, noch unentschieden lassen. —

Der Versuchsmodus ergibt sich aus den mitgetheilten Versuchen selbst.

## Versuch Nr. I.

### Kreatinin-Versuch am frischen Frosch.

| Zeit. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 1′ | Frischer Frosch. Das Herz schlägt frisch 46, nach dem Salzwasserwaschen 42mal in der Minute . . . . . | 160 | 35° |
| | Erste Einspritzung von Kreatininlösung — 0,2 % 75 CC. — Das Herz scheint anfänglich etwas rascher zu pulsiren, nach der Einspritzung hat es nur noch 16 Pulsationen in der Minute, keine Krämpfe . | 155 | 30° |
| 3′ | ,, ,, | 160 | 30° |
| 4′ | Herz steht still, ist aber auf directen | 160 | 27° |
| 7′ | Reiz noch erregbar . . . . . | 155 | 30° |
| 8′ | ,, ,, | 157 | 30° |
| 13′ | ,, ,, | 160 | 30° |
| 28′ | Zweite Einspritzung von Kreatininlösung (75 CC.), das Herz schlägt wieder einige Male . . . . . | 150 | 30° |
| 30′ | ,, ,, | — | 31° |
| 36′ | ,, ,, | 160 | 28° |
| 38′ | Es wurden 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt, das Herz bleibt regungslos, contrahirt sich aber auf Reize. | 160 | 28° |

## Versuch Nr. II.

### Kreatinin-Versuch am Curarefrosch.

| Zeit in Minuten. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|
| | Curare-Frosch . . . . . | 40° |
| 4′ | Einspritzung von Kreatininlösung, zweimal 75 CC. von 0,2 % . . . . . | 39° |
| | ,, ,, ,, | 35° |
| | ,, ,, ,, | 35° |
| 10′ | ,, ,, ,, | 33° |
| | Das Herz schlägt nicht mehr spontan, zieht sich aber auf directe Reize noch zusammen, es steht still, sehr ausgedehnt; schon der Reiz der Kreatinin-Einspritzung löst stets einige Zuckungen am Herzen aus (im Gegensatz | |

| Zeit in Minuten. | Zustand des Untersuchungsthieres. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|
| | zum Kreatin). Die übrigen Muskeln contrahiren sich unter dem Einspritzen nicht, sie sind vollkommen krampffrei. | |
| 130′ | Das Herz reagirt nicht mehr auf Reize . . . . . | 31° |
| 135′ | 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt, das Herz reagirt wieder auf directe Reize . . . . . | 32° |

Die beiden mitgetheilten Versuche lehren:

Das **Kreatinin** scheint keine ermüdende Wirkung zu besitzen: die Erregbarkeit der Nerven wird durch eine **Kreatinin**-Einspritzung nicht erhöht, die Fähigkeit des Muskels, Gewichte zu heben, nimmt zwar etwas ab unter dem Einflusse des **Kreatinin's**, ebenso geht die Pulsation des Herzens verloren, doch ohne wie bei den rein ermüdenden Flüssigkeiten durch Auswaschen mit einer für Muskel und Nerven indifferenten Flüssigkeit — 0,7 % Kochsalzlösung — wieder hergestellt werden zu können. Das **Kreatinin** scheint nicht zu ermüden, sondern die Leistungsfähigkeit der quergestreiften Musculatur — mit der des Herzens — langsam zu vernichten analog dem kohlensauren Natron.

Das Kreatinin scheint die Eigenschaft des ihm so nahe verwandten chemisch weit weniger differenten Stoffes, des Kreatin, ein Muskelreiz zu sein, demnach nicht zu theilen; jedenfalls ist seine Wirkung eine weit schwächere, als die des letztgenannten Stoffes. —

Es fällt auf, dass sich das Kreatinin in seinen physiologischen Wirkungen denen des kohlensauren Natron's, die in § 2. dieses Capitels dargelegt wurden, sehr eng anzuschliessen scheint.

Auch dort sahen wir die langsame Vernichtung der Lebenseigenschaften des Muskels in Folge der Gegenwart des genannten Stoffes.

Wir haben dort jedoch in dem kohlensaueren Natron einen Stoff gefunden, der unter Umständen, nämlich bei seiner gleichzeitigen Einwirkung auf den Muskel mit Milchsäure, die Wirkungen des letztgenannten Stoffes für den Muskel aufzuheben im Stande ist und zwar durch Neutralisation des durch die Anwesenheit der Milchsäure sauer gewordenen Muskelsaftes.

Wir haben schon einmal den Gedanken ausgesprochen, dass unter den im Muskel bei seiner Oxydation während des Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducten einer oder der andere Stoff sich finden könne, welchem eine ähnliche Rolle in dem Haushalte des Muskels anvertraut wäre. Es ist schwer sich dieses Gedankens bei Betrachtung der Wirkungen des Kreatinin's zu erwehren, die in den anderen Beziehungen eine unverkennbare Analogie mit denen des kohlensauren Natron's zeigen.

So würde das Entstehen des Kreatin's schon von dieser Seite betrachtet eine bisher nicht erkannte physiologische Bedeutung erhalten.

Andererseits ist nicht zu verkennen, dass schon der Vorgang an sich, bei welchem innerhalb des Muskels im Tetanus aus Kreatin Kreatinin entsteht in Beziehung auf die Erhaltung der Lebenseigenschaften des Muskels trotz der Contraction von bestimmter Bedeutung sein muss.

Indem ein Theil der ermüdenden Stoffe — Kreatin — in einen für den Muskel und Nerven ziemlich indifferenten chemischen Körper — Kreatinin — übergeht, wird selbstverständlich die Energie der Hemmungsvorrichtung, die in directer Beziehung zur Menge der angehäuften ermüdenden Stoffe steht, vermindert.

Wir treffen demnach in der Bildung des Kreatinin's aus Kreatin während des Tetanus auf ein Moment, welches die Erhaltung der Lebenseigenschaften des Muskels intendirt. So begreifen wir, dass sich auch innerhalb des den Circulationseinflüssen von Blut und Lymphe gänzlich entzogenen Muskels noch immer erhaltende Momente für die Muskelleistungen geltend machen können.

Man könnte bei der Bildung des Kreatinin's aus Kreatin im tetanisirten Muskel, wenn man sich erinnert, dass diese Umbildung unter der Einwirkung schwacher chemischer Agentien ausserhalb des Organismus so leicht von sich geht, an eine Wirkung der bei demselben Vorgang sich anhäufenden Milchsäure denken.

Man könnte so vielleicht erweisen, dass dieselben Bedingungen, welche auf der einen Seite vernichtend wirken, durch eine Nebenwirkung wieder zur Erhaltung der physiologischen Eigenschaften des lebenden Muskels beitragen, sodass wir damit einen neuen Blick in die sicher ziemlich complicirten Vorgänge der Arbeitstheilung der Muskelstoffe würden thun können.

## Anhang zu § 4.

Nachdem vorstehender § schon für den Druck vollendet war, war ich noch in der Lage einen Versuch mit Kreatinin anzustellen, der die im Vorstehenden aufgestellten Ansichten, wie es mir scheint, in ganzer Ausdehnung bestätigt.

Er wird ohne weitere Vorbesprechung verständlich sein.

### Versuch Nr. III.

**Einwirkung des Kreatinin's auf den geruhten Frosch und Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Muskels durch Kreatinin nach Milchsäure-Ermüdung.**

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 1′ | Frosch frisch nach dem Austritt des Blutes und Einbinden der Canüle in das Herz. | 163 | 40° |
| 7′ | Es wurden langsam 75 CC. Kreatininlösung — 0,2 % Kreatinin in 0,7 % Kochsalzlösung — eingespritzt . . . . | 162 | 39° |
| | Keine Muskelkrämpfe. Der Herzschlag ist anfangs sehr stark, später wird er etwas matter. Die Reflexe scheinbar ungeschwächt, sogar Spontanbewegungen. | | |
| 12′ | Alles wie bisher, Spontanbewegungen . | 160 | 38° |
| 14′ | Es wurden nun 15 CC. verdünnter Milchsäure eingespritzt (15 CC. 0,7 % Kochsalzlösung mit 2 gtt. Milchsäure) . . . . | 164 | 10°! |
| | Herz steht sehr ausgedehnt still und reagirt nicht mehr auf Reize. Reflexe schwach aber deutlich vorhanden. Es war anfänglich Tetanus, aber schwach eingetreten. | | |
| 16′ | Es wurden nun 50 CC. der oben verwendeten Kreatininlösung eingespritzt . . | ? | 19°! |
| 18′ | Weitere 25 CC. derselben Lösung . . . | 145 | 17° |
| | Das nach Milchsäure-Einspritzung sehr ausgedehnte Herz ist nun stark zusammengezogen — systolisch —, es reagirt aber weder auf mechanische noch elektrische Reize mit Contractionen. | | |

Der Versuch zeigt die Wirkungslosigkeit der Kreatinin-Injection in einer Concentration, in welcher wir die Kreatin-Wirkungen stets studirten, auf den frischen Frosch. Das Kreatinin war vollkommen rein, sodass keine Wirkungen von etwa beigemischtem Kreatin sichtbar werden konnten, wovor man sich sehr zu hüten hat; natürlich ebenso im umgekehrten Falle.

Die auf die erste Kreatinin-Einspritzung folgende Milchsäure-Injection hatte den uns schon bekannten Erfolg: Erhöhung der Nerven-Erregbarkeit und Verminderung der Muskelkraft.

Die auf diese Milchsäure-Injection folgende zweite Einspritzung von Kreatininlösung hob wenigstens theilweise die Milchsäurewirkungen auf, sie steigerte die durch Milchsäure geschwächte Muskelkraft und setzte die Nervenerregbarkeit wieder herab.

Wir haben somit die gleichen Verhältnisse vor uns, wie wir sie bei der Einspritzung von kohlensaurem Natron in den durch Milchsäure ermüdeten Muskel beobachteten.

Unsere im Obigen aufgestellten Meinungen über die antagonistische Wirkung des Kreatinin's und der Milchsäure sind somit vollkommen bestätigt.

## § 5.

### Der Zucker hat auf den Muskel keine physiologische Wirkung.

Schon die Ueberschrift dieses §. giebt uns die Möglichkeit, uns in unseren Mittheilungen über die Untersuchung der etwaigen Wirkungen einer verdünnten Zuckerlösung auf die Erregbarkeit und Kraft des Muskels kurz zu fassen.

Nur einige Beispiele theile ich zur näheren Beurtheilung der beobachteten Verhältnisse mit.

Es wurden Versuche mit Traubenzucker, Milchzucker und Rohrzucker alle mit gleichem negativen Erfolge angestellt.

### Versuch Nr. I.

### Traubenzucker-Versuch am frischen Frosch.

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 1′ | Frischer Frosch, nach Einbinden der Canüle in's Herz . . . . . | 135 | 42° |
| 3′ | Nach dem Einspritzen von 15 CC. Traubenzuckerlösung von 2 % in der 0,7 % Kochsalzlösung. Das Herz schlägt ruhig und ungestört fort, das Thier athmet und macht lebhafte Spontanbewegungen, die Reflexe bestehen ohne Verminderung, keine Muskelkrämpfe . . . . . | 135 | 42° |

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 7′ | Weitere 15 CC. Zuckerlösung eingespritzt, Alles wie oben . . . . . | 135 | 42° |
| 9′ | ,, ,, | 145 | 40° |
| 11′ | Weitere 15 CC. Zuckerlösung eingespritzt, Alles wie oben. Sehr kräftige Spontanbewegungen und Reflexe . . . . . | 145 | 35° |
| 31′ | Spontanbewegungen, Herz schlägt normal, Athmung und Reflexe vorhanden . . | 145 | 34° |

## Versuch Nr. II.
## Milchzucker-Versuch.

| Zeit in Minuten. | Abstand der Rollen in MM. | Zustand des Versuchsthieres. | Ausschlag des Muskelzeigers. |
|---|---|---|---|
| 1′ | 40 | Frisches, bluthaltiges Thier . . . . . | 40° |
| 4′ | ,, | Nach Einbinden der Spritze und starken Spontanbewegungen . . . . . | 32° |
| 5′ | ,, | Es wurden 75 CC. einer 2 % Milchzuckerlösung in Wasser eingespritzt . . . . . | 40° |
| 6′ | ,, | Reflexe, Athmung, Herzschlag, spontane Bewegungen sind ungemindert vorhanden . . . | 32° |
| 8′ | ,, | Es wurden weitere 75 CC. Milchzuckerlösung eingespritzt; Alles wie vorher . . . . . | 44° |
| | | Der Frosch hüpft noch nach dem Losbinden. | |

## Versuch Nr. III.
## Rohrzucker-Versuch.

| Zeit in Minuten. | Abstand der Rollen in MM. | Zustand des Versuchsthieres. | Ausschlag des Muskelzeigers. |
|---|---|---|---|
| 1′ | 40 | Der frische Frosch nach dem Einbinden der Spritze . . . . . | 32° |
| 2′ | ,, | Es wurden 75 CC. einer 2% Rohrzuckerlösung eingespritzt . . . . . | 45° |
| | | Athmung, Herzschlag, Reflexe nach der Einspritzung unvermindert vorhanden. | |
| 5′ | ,, | Weitere 75 CC. Rohrzuckerlösung eingespritzt . . . . . | 40° |
| | | Sonst Alles wie oben. | |
| 7′ | ,, | ,, ,, | 40° |

Die Versuche lehren, dass die drei Zuckerarten: Traubenzucker, Milchzucker und Rohrzucker auch noch in ziemlich starken Concentrationen — 2% — für den Muskel und den ganzen Organismus vollkommen indifferent sind.

Der Zucker kann sogar in manchen Fällen noch besser wie 0,7 % Kochsalzlösung als wiederherstellende Flüssigkeit benutzt werden.

Wir könnten nur dann eine Beziehung des Zuckers zur Ermüdung des Muskels annehmen, wenn wir daran denken, dass vielleicht der Zucker innerhalb des Muskels in Milchsäure übergehen könnte, deren starke ermüdende Eigenschaften uns bekannt sind. Seine Wirkung wäre dann eine indirecte.

## § 6.

### Die physiologischen Wirkungen der Kohlensäure.

Auch die Prüfung der physiologischen Wirkungen der Kohlensäure wurde auf dieselbe Weise nach der von uns bisher eingehaltenen Methode der Einspritzung in den Gesammtorganismus vorgenommen.

Es wurde zu diesem Zwecke zu Wasser, das mit Kohlensäure beladen war, vor dem Gebrauche eine Kochsalzlösung zugegossen, die die Gesammtconcentration der Flüssigkeit auf 0,7 % brachte.

Alle sonstigen Versuchsbedingungen ergeben sich aus den im Folgenden mitgetheilten Beispielen für die Wirkungsweise der Kohlensäure auf den Organismus.

### Versuch Nr. I.
### Kohlensäure-Versuch.

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers bei 50 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 1′ | Frischer Frosch, unvergiftet, bluthaltig . | 190 | 20° |
| 3′ | Nach der Einspritzung von 75 CC. kohlensauren Wassers von 0,7 % Salzgehalt . Das Herz schlägt langsam und schwach. | 110 | 15° |
| 8′ | Der Frosch athmet nicht mehr; die Reflexe sind ganz verschwunden . . . . . | 125 | 10° |
| 13′ | „ „ | 130 | 8°1 |
| 14′ | Es wurden 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt, die Muskeln imbibiren sich enorm . . . . . | 130 | 0° |
| | Das Rückenmark ist unerregbar, der Frosch zuckt nicht bei seiner Durchschneidung; die Nerven machen auf Durchschneidung noch schwache Zuckungen der zugehörigen Muskeln. | | |

## Versuch Nr. II.

### Kohlensäureversuch.

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers bei 50 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 1′ | Frischer, unvergifteter Frosch nach dem Verbluten, Einbinden der Spritze . . . | 165 | 15° |
| 3′ | Nach der Kohlensäure-Einspritzung von 75 CC. . . . . Das Herz pulsirt schwach und langsam. Die Reflexe sind verschwunden. | 120 | 10° |
| 7′ | Neue Kohlensäure-Einspritzung von 35 CC. . . . . Das Herz pulsirt nicht mehr! Bei dem Abschneiden des Kopfes treten keine Zukkungen ein, ebensowenig auf Bohren des Rückenmarkes mit einer Nadel. Die Nerven geben auf Durchschneidung noch Zukkungen der zugehörigen Muskeln, aber schwach. | 110 | 7°! |

## Versuch Nr. III.

### Kohlensäureversuch.

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in MM. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers bei 50 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 1′ | Frischer, unvergifteter Frosch, nach dem Ausbluten und dem Einbinden der Spritze. | 170 | 30° |
| 4′ | Nach der Kohlensäure-Einspritzung von 75 CC. . . . . Die Reflexe und Spontanbewegungen verschwinden, nachdem die ersten CC. der Kohlensäure-Kochsalzlösung eingespritzt wurden. Das Herz pulsirt schwach und in Pausen. | 135 | 27° |
| 8′ | Neue Kohlensäure-Einspritzung von 35 CC. . . . . Alles wie oben. Bei dem Abschneiden des Kopfes keine Zuckung; sehr schwache Zuckung (keine Streckkrämpfe!) bei Bohren des Rückenmarkes mit einer Nadel. Die Nerven geben auf Durchschneiden noch Zuckungen der zugehörigen Muskeln. | 125 | 27°! |

Versuch
Kohlensäu

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchst |
|---|---|
| 1′ | Frischer, bluthaltiger, Frosch . . . . . |
| 7′ | Es wurden nach dem Spritze 75 CC. kohlensaure ser eingespritzt . . . . . Reflexe und Spontanb den ersten eingespritzten |
| 9′ | Neue Kohlensäure - 35 CC. . . . . Das Herz hat nun auf Das Durchschneiden gibt keine Zuckung; B einer Nadel erregt ganz gen der Muskeln. Die N gegen auf directen Re gungen der dazu ge Wege. |

Die angeführten Vers
ganz analoger herausgegriffe
ungsweise der Kohlensäure

Was zuerst in die Aug
der Kohlensäure auf Leis
wurde in keinem Falle
nichtet. Dabei ist jedoch
fähigkeit nicht zu verke
ist unter Umständen
Erscheinung, wie dies

Das Herz, das bisher
den Einfluss der ermüde
latur verhielt, oder beina
selben Sinne wie die S
dasselbe Verhalten.

Das Herz zeigt

...ind, reagiren die Nervenstämme
...e. —

... für die Untersuchung dieses Capitels uns ge-
...nd wenden uns zur Darstellung der dadurch

...tze werde ich sogleich eine kurze Besprech-
...den durch die vorstehenden Untersuchungen
...rer Erkenntnisse deutlicher darzulegen. —

## § 7.

### Resultate.

...hon aus früheren unserer Versuche postulirte
... der Oxydation des Muskelgewebes und damit
... des Muskels im Allgemeinen in Capitel XIV
... dass die Leistungsfähigkeit des Muskels in ihrer
...von der Anwesenheit oder Abwesenheit gewisser
...h die Zersetzung des Muskelgewebes sich bilden-

...die Quantität der angehäuften Zersetzungsproducte
... geringer ist seine Leistungsfähigkeit.

...en Satz im Allgemeinen für die Gesammtheit aller
...er sich lösenden Zersetzungsproducte des Muskels
...ns daraus die Aufgabe entsprungen, auch noch zu
...r im wässerigen Extracte des Muskels enthaltenen
...ie die Leistungsfähigkeit des Muskels herabsetzten,
...eten.

... dass der nach meiner Beobachtung im tetanisirten
...ufende Zucker von keinem ermüdenden Effect auf
Ebensowenig zeigte der Zucker eine Einwirkung auf
...s gesammten Organismus.

...r ist ein für den gesammten Organismus in-
Körper. Es versteht sich von selbst, dass ich hier von
... als Ernährungsmaterial des Organismus etc. ganz ab-
...n der Frage, ob der Zucker sich an der Kraft-
...urch seine Oxydation betheilige oder nicht.

wie die bisher wirksam gefundenen Stoffe, sondern erst nachdem sie von dem Muskel aus in die Blutmasse übergegangen ist, entfaltet.

Es ist dies der erste Beweis dafür, dass die im Organismus producirten Zersetzungsproducte ganz abgesehen von dem Ort ihrer Entstehung von Einwirkung auf einzelne, bestimmte Organe werden können. Es erweitert dies unseren anfänglichen Gesichtspunct, der der vorliegenden Untersuchung dieses Capitels zu Grunde liegt, bedeutend, worauf wir im folgenden Capitel noch weiter werden zu sprechen kommen müssen.

Der Lähmung, in die wir nach stärkerer und längerer Einwirkung der Kohlensäure Gehirn und Rückenmark verfallen sehen, scheint anfänglich ein Reizzustand vorauszugehen. Man darf vermuthen, dass das Verschwinden der Reflexe nach den ersten Anfängen der Kohlensäure-Einwirkung auf einer Reizung des Reflex-Hemmungscentrums beruhe durch die Kohlensäure. Rasch aber scheint sich aus diesem Reizzustand eine vollständige Lähmung auch der peripherischen Reflexmechanismen zu entwickeln.

Diese vollständige Lähmung der Reflexmechanismen tritt zu einer Zeit ein, in welcher die Leitung durch das Rückenmark noch nicht vollkommen unterbrochen ist, zu einer Zeit, in welcher das Rückenmark auf directe Reize noch mit Muskelkrämpfen antwortet.

Doch wird auch das Leitungsvermögen nach einiger Zeit, bei stärkerer Einwirkung der Kohlensäure im Rückenmarke vernichtet und es beweist dies, dass das Leitungsvermögen des Rückenmarkes unter etwas anderen Einflüssen steht, dass es etwas anders auf Kohlensäure reagirt als die peripherischen Nerven, bei denen wir, wenn das Leitungsvermögen im Rückenmarke schon erloschen ist, dasselbe noch vorfinden.

Dass das Organ des Bewusstseins im Gehirn unter dem Einflusse der Kohlensäure gelähmt werde; ebenso dass der schliessliche Effect auf das Centralorgan der Auslösung der Athembewegungen eine Lähmung desselben ist, haben schon vielfältige Versuche vor den meinigen bewiesen. Meine Versuche hatten den gleichen Erfolg.

In Beziehung auf die nervösen Centralorge
schliessliche Effect der Kohlensäure-Anhäufun
nismus eine Lähmung. Die Lähmung ist eine s
während die Centralorgane des Nervensy

vollständig gelähmt sind, reagiren die Nervenstämme noch auf directe Reize. —

Wir haben damit die für die Untersuchung dieses Capitels uns gestellte Aufgabe vollendet und wenden uns zur Darstellung der dadurch gewonnenen Resultate.

An die einzelnen Sätze werde ich sogleich eine kurze Besprechung anschliessen, um den durch die vorstehenden Untersuchungen gemachten Fortschritt unserer Erkenntnisse deutlicher darzulegen. —

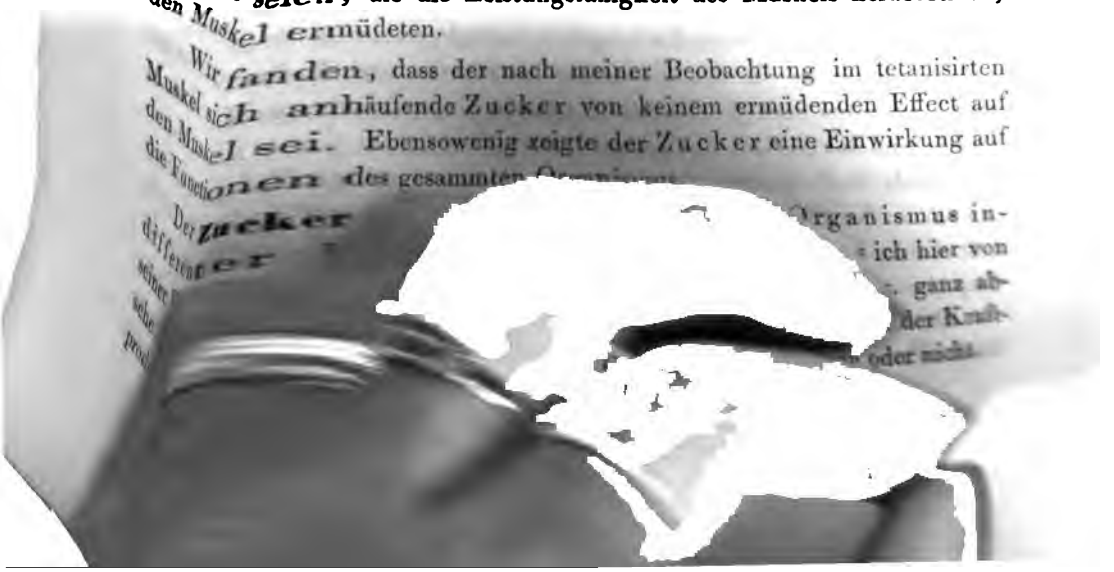
## § 7.

### Resultate.

Wir haben die schon aus früheren unserer Versuche postulirte Hemmungseinrichtung der Oxydation des Muskelgewebes und damit der Leistungsfähigkeit des Muskels im Allgemeinen in Capitel XIV erkannt. Wir fanden, dass die Leistungsfähigkeit des Muskels in ihrer Stärke abhängig sei von der Anwesenheit oder Abwesenheit gewisser im Muskel selbst durch die Zersetzung des Muskelgewebes sich bildender Stoffe.

Je bedeutender die Quantität der angehäuften Zersetzungsproducte im Muskel ist, desto geringer ist seine Leistungsfähigkeit.

Wir hatten diesen Satz im Allgemeinen für die Gesammtheit aller in siedendem Wasser sich lösenden Zersetzungsproducte des Muskels erwiesen. Es war uns daraus die Aufgabe entsprungen, auch noch zu fragen: welche der im wässerigen Extracte des Muskels enthaltenen Stoffe es seien, die die Leistungsfähigkeit des Muskels herabsetzten, den Muskel ermüdeten.



In indirecter Beziehung könnte der Zucker von Wirksamkeit dadurch werden, dass aus ihm Milchsäure entstünde, deren Wirksamkeit weiter unten besprochen werden soll.

Anschliessend an die Wirkung des Zuckers ist die des Kreatinins und der Kohlensäure.

Beide Stoffe sind von ziemlich geringer Wirkung auf das Muskelgewebe und das mit demselben verbundene peripherische Nervensystem.

Beide setzen die Lebenseigenschaften des Muskels und der peripherischen Nerven etwas herab, doch nur in sehr geringfügiger Weise.

Von dem Kreatinin ist es wahrscheinlich, dass es anstatt ermüdend, die Leistungsfähigkeit des Muskels vermindernd, erhaltend für dieselbe oder wiederherstellend dadurch wirke, dass es die im Muskel angehäufte Milchsäure neutralisirt.

Die Wirkung der Kohlensäure, die auf den Muskel so geringfügig ist und ebenso auf das peripherische Nervensystem, ist um so heftiger auf die gesammten nervösen Centralorgane im Rückenmark und Gehirn. Der schliessliche Effect der gesteigerten Kohlensäuremenge im Organismus ist eine Lähmung der nervösen Centralorgane.

Es zeigt uns diese Beobachtung, dass die im Organismus an irgend einem Orte — z. B. im Muskel — entstehenden Stoffe ihre Wirksamkeit an einem ganz anderen erst zu entfalten im Stande sein können.

Es veranlasst uns diese Bemerkung, unserer vorliegenden Untersuchung auch noch andere Zersetzungsproducte anzureihen, die nicht direct im Muskel entstanden zu sein brauchen, sondern ihre Entstehung an irgend einer Stelle des Organismus gefunden haben, von der sie in das Blut zu gelangen vermögen.

Dieser Aufgabe wird das folgende Capitel gewidmet werden.

Ganz anders als für die bisher beobachteten und besprochenen Stoffe gestalten sich die Resultate unserer Untersuchung für Milchsäure und Kreatin.

Beide Stoffe besitzen jeder für sich die ermüdenden Eigenschaften, die wir an der Fleischbrühe wahrgenommen haben, auf der Anwesenheit dieser Stoffe in der Fleischbrühe beruht demnach die durch das Experiment nachgewiesene ermüdende Eigenschaft dieser Flüssigkeit.

Beide Stoffe werden bei dem Tetanus des Muskels in diesem angehäuft. Es ist keine Frage, dass demnach auch die normale Ermüdung

des Muskels in Folge seiner Contractionen ihre Ursache in der Anhäufung dieser beiden genannten Stoffe habe.

**Milchsäure** und **Kreatin** sind für den Muskel ermüdende Stoffe. Gleichzeitig beobachten wir, dass sie auf das peripherische Nervensystem in entgegengesetztem Sinne einwirken: sie erhöhen die Erregbarkeit der Muskelnerven.

Diese beiden in einander greifenden Thatsachen sind von nicht unbedeutender theoretischer Bedeutung.

Wir sehen, dass innerhalb des Muskels während seiner Thätigkeit sich vom ersten Augenblicke an eine in ihren Wirkungen sich immer steigernde Hemmung der Bewegung, der Contraction ausbildet, gelegen in der Anhäufung der Zersetzungsproducte des Muskels in dessen Gewebe. Diese Hemmung der Contraction erreicht endlich eine so bedeutende Stärke, dass sie durch keinen Nervenantrieb mehr zu überwinden ist, der Muskel befindet sich dann in dem Zustande der extremsten Ermüdung.

Selbstverständlich würde von der ersten Muskelcontraction an die Stärke der folgenden Contractionen immer abnehmen müssen, wenn nicht eine andere Anordnung der Bewegungsbedingungen gleichzeitig mit der beschriebenen Hemmung der Bewegung sich ausbilden würde. Ich meine die erhöhte Erregbarkeit des Nervensystemes.

Durch diese Erhöhung der Erregbarkeit der peripherischen Nerven in Folge desselben Vorganges, der den Muskel in den Zustand der Bewegungslosigkeit zu versetzen intendirt, wird das letztere Moment für eine gewisse Zeit compensirt. Nehmen wir die Stärke des Reizes, der die Nerven der arbeitenden Muskeln in Thätigkeit versetzt, als constant an, so wird der Nerve des arbeitenden Muskels auf diesen Reiz, sei er welcher Art er will, stärker reagiren als der des ruhenden Muskels. Es vertritt demnach die Erhöhung der Erregbarkeit bis zu einem Grade die Stelle der Verstärkung des Reizes, von der wir wissen, dass sie auch von einem schon ermüdenden Muskel noch eine stärkere Zuckung erzwingen könne.

Es wird durch die erhöhende Wirkung der den Muskel selbst ermüdenden Stoffe auf die Erregbarkeit des Nerven dem Organismus ermöglicht, ohne die den Nerven treffende Reizstärke zu steigern, eine Zeit hindurch die gleichbleibende Muskelarbeit zu leisten, obwohl sich

im Muskel die uns nun bekannte Hemmung der Bewegung auszubilden schon begonnen hat.

Ja es lehrt die alltägliche physiologische Erfahrung, dass die Erhöhung der Nervenerregbarkeit anfänglich die Verminderung der Leistungsfähigkeit des Muskels sogar übercompensirt. Jedermann weiss, dass nicht die erste Zuckung des Muskels die höchste Höhe erreicht. Bei gleichbleibender Reizstärke zuckt der Muskel in den zunächst auf die erste folgenden Contractionen stärker als bei der ersten selbst; ein Verhältniss, dessen Grund bisher vollkommen unklar war. Der Grund dafür ist nach unseren Auseinandersetzungen der, dass die Reizstärke, die den Muskel trifft, relativ stärker wird nach den ersten Contractionen durch die Erhöhung der Nervenerregbarkeit in Folge der sich anhäufenden Muskelzersetzungsproducte, deren Menge noch nicht gross genug ist, um den Muskel wesentlich in seiner Verkürzungsfähigkeit zu stören. Noch ein anderer Grund hiefür folgt Capitel XVII. § 6. —

Eine weitere experimentell erwiesene Thatsache über die Wirkung des Kreatin's und der Milchsäure ist die, dass beide genannten Stoffe Muskelreize sind.

Der Muskel contrahirt sich, wenn er mit den genannten Stoffen in innige Berührung gebracht wird.

Der Gedanke liegt sehr nahe, dass wir damit, mit der Erfahrung, dass die Zersetzungsproducte der Muskelsubstanz: Milchsäure und Kreatin Muskelreize sind, dem Probleme des inneren Grundes des Zustandekommens der Muskelcontraction wesentlich näher gerückt seien.

Der Muskel erzeugt unter dem Einflusse des Nervensystemes sich selbst aus der Zersetzung seiner eigenen Substanz Stoffe, welche ihn zur Zusammenziehung veranlassen.

Offenbar müssen diese Stoffe erst eine gewisse Menge erreicht haben, ehe sie reizend wirken; sie sind ja, wenigstens Kreatin auch im ruhenden Muskel in kleinen Quantitäten vorhanden. Man müsste sich vorstellen, dass der Nerveneinfluss, der den Muskel zur Contraction veranlasst, auf irgend eine Weise die Concentration des Muskelsaftes an den beiden reizenden Stoffen während der Zeit der latenten Reizung soweit erhöhte, dass die Muskelflüssigkeit selbst als Reiz zu wirken im [redacted] Wie wir uns die Nervenwirkung in diesem Sinne zu denken

haben, muss vorläufig noch ganz dahingestellt bleiben. Es wird gefragt werden müssen, ob einfach Veränderungen in den Circulationsverhältnissen innerhalb des Muskels, wie sie so sicher die Muskelcontractionen begleiten, es seien, welche die reizenden Substanzen in den Muskel anhäufen lassen; oder ob es analog der Säurebildung im Magensafte die Nerven seien, welche durch irgend eine noch zu erforschende Weise Milchsäure in grösserer Menge (oder Kreatin), als sie sich normal im ruhenden Muskel bilden, entstehen liessen.

Wenn sich diess mit dem Entstehen des Reizes in der Weise verhalten würde, wie wir es in den letzten Sätzen als möglich, ich möchte sagen: als wahrscheinlich hergestellt haben, so würden wir damit der Milchsäure und dem Kreatin zwei wesentlich verschiedene Functionen auch innerhalb des Muskels selbst einräumen müssen.

Einerseits wären sie der Grund der Entstehung der Contraction des Muskels, sein directer Reiz, andererseits haben wir ja erwiesen, dass sie die hervorgerufene Bewegung in der weiteren Folge wieder verrichten.

Es scheint mir möglich in der oben angedeuteten Weise die Frage, ob die beiden fraglichen Stoffe der Grund der Contraction seien, direct in Angriff zu nehmen. Einstweilen steht schon fest, dass sie nicht nur ermüdend, sondern auch reizend auf den Muskel wirken, dass sie zu den chemischen Muskelreizen gezählt werden müssen. —

Die einfache Entfernung der ermüdenden Stoffe aus dem Muskel stellt die normalen Lebenseigenschaften des Muskels wieder her. Dasselbe thut, wenn nur Milchsäure als ermüdender Stoff eingewirkt hat, eine Neutralisation der Säure durch kohlensaueres Natron.

Wir haben in Capitel XIV schon gesehen, dass bei normal ermüdeten Muskeln — nach dem Tetanus — das Auswaschen des Muskels ganz den gleichen wiederherstellenden Effect hat als bei den künstlich durch Einspritzung von ermüdenden Stoffen ermüdeten Muskeln. Wir haben gesehen, dass die Alkalinität (des Blutes und) der Lymphe durch Neutralisation der Säure ebenfalls wiederherstellend wirke. Vielleicht hat die Bildung von Kreatinin aus Kreatin während des Tetanus und nach demselben den gleichen Effect. Jedenfalls sind es aber die zwischen Blut und Lymphe und Muskel stattfindenden Diffusionsvorgänge hauptsächlich, welche dadurch, dass sie den Muskel von

den in ihm sich während des Tetanus aufspeichernden Zersetzungsstoffen befreien, die Ermüdung wieder verschwinden lassen.

Es knüpft sich an die Beobachtung, dass die Wirkung der ermüdenden Stoffe durch einfaches Auswaschen aus dem Muskel wieder zu entfernen sind, der weitere Satz, dass die Veränderungen innerhalb des Muskelgewebes, auf welchen die Ermüdung beruht, keine definitive Umgestaltung seiner chemischen Verhältnisse sein könne. Die ermüdenden Stoffe wirken die Lebenseigenschaften des Muskels vernichtend nicht durch eine wesentliche chemische Alteration der Gewebe, sondern allein durch ihre Anwesenheit!

Es müssen durch ihre Anwesenheit Veränderungen in der Richtung der Oxydations- oder Zersetzungsvorgänge im Muskel statthaben, welche diejenigen Oxydationen, auf welchen die Krafterzeugung beruht, nicht mehr zu Stande kommen lassen. Entfernt man die Stoffe aus dem Muskel, so greifen die normalen Oxydations- oder Zersetzungsvorgänge wieder Platz.

So stellt sich gegenwärtig die Frage: wie wirken die ermüdenden Stoffe auf den Muskelstoffwechsel? wie sind sie im Stande, die Leistungen des Muskels oder, was dasselbe ist, die Oxydationen oder Zersetzungen der Muskelsubstanz zu hemmen?

Das letzte Capitel der Untersuchung wird der Entscheidung dieser Frage gewidmet werden.

In dem nächstfolgenden Capitel sollen noch einige Resultate zusammengestellt werden über die Wirkung einiger im Organismus ausserhalb des Muskels sich findender Zersetzungsproducte, da wir ja vermuthet haben, dass sie Wirkungen entfalten können an ganzanderen Organen, als in denen sie entstanden sind, wie diess die Kohlensäure z. B. gewiss thut.

## Sechszehntes Capitel.

# Physiologische Wirkungen der nicht im Muskel producirten Zersetzungsproducte des Organismus.

### § 1.

#### Der leitende Untersuchungsgedanke.

Wir haben in Capitel XV in der Kohlensäure einen Stoff gefunden, der seine physiologische Hauptwirksamkeit nicht an dem Orte seiner Entstehung — im Muskel — sondern an verhältnissmässig weit davon abgelegenen Orten und Organen — im Rückenmarke und Gehirne — entfaltet.

Es hat uns diese Bemerkung auf den Gedanken gebracht, dass vielleicht ausserhalb des Muskels irgendwo im Organismus entstehende Stoffe durch Vermittelung der Circulation eine physiologische Wirkung auf das uns beschäftigende Untersuchungsobject: den Muskel besitzen könnten.

Es wurde dadurch nothwendig, auch die anderen im Organismus entstehenden Zersetzungsstoffe auf ihre physiologische Wirkung zu prüfen.

Wir werden finden, dass unsere vorgefasste Meinung in Beziehung auf die Möglichkeit der Wirkung auf den Muskel sich für einige der der Untersuchung unterworfenen Stoffe bestätigt. Bei anderen Stoffen sehen wir eine Einwirkung auf den Muskel nicht, sondern auf andere Organe vorzüglich des Nervensystemes. Es wurden auch diese Wirkungen untersucht und auf diese Weise eine Grundlage geschaffen, auf der weiter zu bauen sein würde, wenn die physiologischen Zustände des Nervensystemes in ähnlicher Weise untersucht werden sollten, wie diess in vorliegender Untersuchung für den Muskel geschehen ist. Die

bisher schon gewonnenen Resultate zeigen, dass der von mir eingeschlagene Weg zu einer reichen Ausbeute führen werde. Ich behalte mir vor, in einer späteren Untersuchung diesen Weg für die Erforschung der inneren Mechanik der Nerven selbst weiter zu verfolgen. —

Die Stoffe, welche ich einer Prüfung unterwarf, sind:

1. Harnsäure und
   saures harnsaures Natron,
2. Harnstoff,
3. Hippursäure,
4. Glycocholsaures Natron,
5. Kalisalze.

Da die letzteren auch in der Muskelasche enthalten sind, so hätten sie und ihre Untersuchung vielleicht auch zu den in Capitel XV abgehandelten Stoffen gesetzt werden können. —

Es ist mit der Untersuchung der genannten Stoffe die Arbeit selbstverständlich noch nicht abgeschlossen, da ja der Organismus noch eine grosse Reihe anderer Zersetzungsstoffe producirt.

Die allgemeinen Versuchsbedingungen sind in der Untersuchung dieses Capitels vollkommen den bisher geltenden gleich. Die Einzelverhältnisse ergeben die Versuchsprotocolle.

## § 2.

### Harnsäure und saures harnsaures Natron haben keinen nachweisbaren Einfluss auf den Organismus.

Es wurden Versuche mit reiner Harnsäure in 0,7 % Kochsalzlösung angestellt. Es wurden auch Versuche mit saurem harnsaurem Natron ebenfalls in 0,7 % Kochsalzlösung gemacht. Da aber von den genannten Stoffen nur eine sehr minimale Menge in Lösung geht, so lieferten wohl aus diesem Grunde beide Versuchsreihen ein negatives Resultat.

Versuche mit harnsaurem Natron habe ich noch nicht angestellt.

Die Harnsäure scheint in den starken Verdünnungen, in denen sie angewendet wurde, keinen nachweisbaren Einfluss auf die Kraft und Erregbarkeit des Muskels zu besitzen.

Folgende Versuche werden als Beispiele für die beobachteten Verhältnisse genügen. —

## Versuch Nr. I.
### Mit Harnsäure.

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers 40 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 1′ | Frischer, unvergifteter Frosch, die Spritze eingebunden . . . . . | 155 | 43° |
| | Die elektrische Reizung versetzt den Frosch in enormen auch nach der Reizung noch fortdauernden Tetanus. | | |
| | Der Herzschlag wird verlangsamt. | | |
| | Die Athmung verschwindet. | | |
| | Die Reflexe fehlen gänzlich auf tactile Reize. | | |
| 4′ | Die Reflexe, Athmung, der regelmässige Herzschlag sind zurückgekehrt. | | |
| 5′ | Einspritzung von 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung mit Harnsäure . . . . . | 155 | 35° |
| | Die Reflexe bleiben und sind sehr stark. | | |
| | Das Herz schlägt 41mal in der Minute. | | |
| 20′ | Weitere 75 CC. Harnsäurelösung eingespritzt . . . . . | 154 | 45° |
| | Alles wie oben. | | |

Der Versuch zeigt, dass die Harnsäure-Einspritzung in der enormen angewendeten Verdünnung keinen Einfluss auf den Organismus zeigte, es zeigen sich nur die bekannten Wirkungen der Kochsalzlösung von 0,7 %, indem durch die Einspritzung die anfänglich durch den spontanen Tetanus gesunkene Kraft des Muskels wieder hergestellt wurde.

Der Grund, warum ich gerade diesen Versuch hier mittheile, ist der, dass sich hier in Folge des enormen Tetanus nicht nur die Wirkungen der ermüdenden Stoffe, sondern offenbar auch die der durch den Tetanus erzeugten Kohlensäure unter normalen Bedingungen ebenso zeigen, wie bei der künstlichen Einspritzung von Kohlensäure, wie wir sie im Capitel XV vorgenommen.

In Folge des Tetanus verschwinden die Athembewegungen und die Reflexe und der Herzschlag wird verlangsamt. Letzteres Factum könnte sich auch auf die Wirkung der ermüdenden Stoffe: Milchsäure und Kreatin beziehen.

Man sieht, dass man in der Folge, wenn einmal erst die physio-

logischen Wirkungen aller im Organismus sich bildenden Zersetzungsstoffe bekannt sein werden, aus bestimmten Erscheinungen am Organismus auf die An- oder Abwesenheit eines oder des anderen dieser Stoffe mit Sicherheit wird schliessen können. —

## Versuch Nr. II.
## Mit Harnsäure.

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers bei 40 MM. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 1′ | Frischer, starker, unvergifteter Frosch, Männchen, bluthaltig . . . . . | 160 | 43° |
| | Der Frosch verfällt bei der elektrischen Reizung in starken spontanen Tetanus, danach . . . . . | ? | 15° |
| | Das Herz schlägt ganz, 36mal in der Minute. | | |
| 5′ | Einbinden der Spritze in die Aorta, Anschneiden des Herzens, des Ventrikels; das Herz schlägt danach 40mal in der Minute. | | |
| 6′ | Das Herz schlägt wieder 34mal. | | |
| 7′ | 75 CC. Harnsäurelösung in 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt . . . . . | ? | 25° |
| | Die Reflexe sind vorhanden. | | |
| 10′ | ,, ,, | 147 | 43° |

Auch in diesem Versuche zeigt die Harnsäure keine deutliche Wirkung. Die Nervenerregbarkeit ist etwas herabgesetzt. Das Herz schlägt etwas rascher.

## Versuch Nr. III.
## Mit saurem harnsaurem Natron.

| Zeit in Minuten. | Abstand der Rollen in MM. | Zustand des Versuchsthieres. | Ausschlag des Muskelzeigers. |
|---|---|---|---|
| 1′ | 40 | Frosch mit Curare vergiftet. Nach der Salzwasserinjection von 75 CC. . . . . | 45° |
| 2′ | ,, | 75 CC. einer Lösung von saurem harnsaurem Natron in 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt (es löste sich nur sehr wenig!). | 45° |
| | | Das Herz schlägt fort, es ist keine Veränderung an ihm wahrzunehmen. | |

Auch das **saure harnsaure Natron** zeigt demnach keine physiologische Wirkung. —

## § 3.

### Physiologische Wirkungen des Harnstoffs.

Es ist lange schon bekannt, dass der Harnstoff bei seiner Anwesenheit im Blute bestimmte Veränderungen in den Functionen des Organismus setzt, die man unter dem Ausdrucke: Urämie zusammenfasst.

Die Untersuchungen sind meist am Menschen und an lebenden Säugethieren bisher gemacht worden. Die gewonnenen Resultate scheinen mir noch einer näheren Bestätigung zu bedürfen.

Im Folgenden will ich die wesentlichsten Resultate meiner nach den bisher von mir angewendeten Methoden gemachten Untersuchung zusammenstellen.

An dieser Stelle gehe ich auf die schon von anderen Autoren gewonnenen Resultate nicht näher ein, da ich mit den hier mitgetheilten Thatsachen den Kreis meiner Beobachtungen auf diesem Gebiete nicht abgeschlossen zu haben gedenke.

### Versuch Nr. I.

### Harnstoffversuch am frischen Frosch.

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 1′ | Der frische Frosch, nur aufgebunden . | 140 | 24° |
| | Nach dem Tetanus . . . . . | 145 | |
| 4′ | Nach dem Einbinden des Röhrchens in das Herz und Verbluten . . . . . | 145 | 32° |
| 6′ | Eine Einspritzung von 40 CC. Harnstofflösung (in 0,7 % Kochsalzlösung) von 2 % . . . . . | 141 | 30° |
| | Das Herz schlägt fort. Die Spontanbewegungen, welche der Frosch anfänglich sehr heftig gemacht hatte, sind vorüber. Die Reflexbewegungen auf tactile Reize sind äusserst schwach, die Athembewegungen gehen fort. Die Einspritzung erzeugt keine krampfhaften Bewegungen an den Muskeln. Losgespannt hat der Frosch eine grosse Aehnlichkeit mit einem Curarefrosch, er scheint todt. | | |
| 11′ | Es treten wieder starke Spontanbewegungen ein, der Frosch athmet stark und oft . | 151 | 34° |
| 12′ | Neue Einspritzung von 40 CC. derselben Harnstofflösung . . . . . | 140 | 25° |

| Zeit. in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 14′ | Die Reflexe sind gänzlich verschwunden, | 130 | 24° |
| | ebenso die Spontanbewegungen . . . . | 138 | 25° |
| 16′ | Das Herz schlägt fort, auch die Athmung ist bemerkbar. | | |
| 18′ | Alles wie vorher . . . . . | 145 | 30° |
| 43′ | Sehr schwache Reflexbewegungen auf tactile Reize an den hinteren Extremitäten. | | |
| 103′ | Schwache Reflexe an den oberen Extremitäten, an den unteren waren keine zu bemerken. Das Herz hatte eine Zeitlang mit seinen Contractionen ausgesetzt, contrahirte sich aber auf directe Reizung — Stechen — später fängt es wieder an spontan zu schlagen. Die Athembewegungen fehlen . . . | 145 | 45° |

Während der Frosch in seinen Erregbarkeitsverhältnissen — R.-A. beim Eintritt der ersten Zuckung — und in seiner Fähigkeit, Gewichte zu heben, keine wesentlichen Veränderungen zeigt, während Herzschlag und Athmung ungehindert vor sich gehen, bietet er nach der Harnstoffeinspritzung das vollkommene äussere Bild des Todes dar. Die Spontanbewegungen und Reflexe fehlen gänzlich.

Eine sehr grosse Reihe von Versuchen hatte ausnahmslos das gleiche Resultat. Manchmal hörte die Athmung schon bald auf, einzelne Male auch die spontanen Herzbewegungen, doch blieb das Herz stets erregbar auf directe Reize. Es zeigt auch das vorstehend als Beispiel angeführte Versuchsprotokoll, dass eine spontane Erholung des Frosches nach Harnstoffeinspritzungen von geringerer Menge eintreten könne. Nach noch geringeren Mengen ist die Erholung eine vollständige, so dass der Frosch wieder hüpft und Fluchtversuche macht. Durch Auswaschen mit 0,7 % Kochsalzlösung konnte auch bei grösseren Mengen von eingespritztem Harnstoff die Erholung wieder herbeigeführt werden.

Es musste die Frage aufgeworfen werden, auf welche Organe wirkt der Harnstoff?

Das schon mitgetheilte Resultat, dass die Erregbarkeit nur sehr unwesentlich geändert wird, schien schon darauf hinzuweisen, dass wir es hier nicht mit einer Lähmung der Nervenstämme oder Nervenendigungen zu thun haben könnten. Die directe Beobachtung bestätigte diese Vermuthung: auf Durchschneidung der Nervenstämme und der

Nervenwurzeln traten die entsprechenden Muskelzuckungen ein, ebenso traten allgemeine Zuckungen bei Durchschneiden des Rückenmarkes ein, und Tetanus bei Stechen des Rückenmarkes mit einer Nadel zu einer Zeit als durchaus keine Reflexbewegung mehr zu erhalten war. Wir können demnach nicht umhin, auszusprechen, dass es, da Rückenmark, Nerven und Muskeln keine wesentliche Alteration in ihrem Verhalten erkennen lassen, äusserst wahrscheinlich sei, dass die Wirkung des Harnstoffes sich einzig auf die Gehirnorgane beschränke.

Reflexe und Spontanbewegungen sind aufgehoben: die Wirkung des Harnstoffes scheint sich demnach auf das Organ des Willens und das Reflexhemmungscentrum zu beschränken.

Es schien mir interessant, den Ort der durch Harnstoff alterirten Gehirnpartie zu bestimmen. Ich stellte zu diesem Zwecke eine Reihe von Localisirungsversuchen an, die ich in ihrer Gesammtheit in Kürze mittheilen will.

## Begrenzungsversuche der durch Harnstoffeinspritzung betroffenen Stelle im Gehirn.

### 1. Versuche zum Ausschluss des Rückenmarkes.

#### A. Durchschneidung des Rückenmarkes.

1. Einem Frosche — Erregbarkeit: 135 Mm., Kraft: $38^0$ — wurde eine Injection von 15 CC. 4 % Harnstofflösung (in 0,7 % Kochsalzlösung) gemacht — Erregbarkeit: 135 Mm., Kraft: $35^0$ —. Die Reflexe sind vollkommen verschwunden, vom Nerven aus erfolgen die Zuckungen fort. Nach Abschneiden des Kopfes, das Zuckungen machte, kehren die Reflexe zurück. Das Herz schlägt fort. Auch diese stark concentrirte Harnstofflösung bewirkte in keinem Fall bei der Einspritzung Zuckungen oder Krämpfe.

2. Die Reflexe sind nach der Einspritzung weniger CC. einer 4 % $\dot{U}$-Lösung weg, kehren aber nach einiger Zeit von selbst wieder, als Zeichen einer oft beobachteten spontanen Wiedererholung.

Nach grösseren Einspritzungen bleiben die Reflexe aus. Die Durchschneidung des Rückenmarkes, wie seine Reizung durch Bohren erregt lebhafte Krämpfe, ebenso das Durchschneiden der Nerven. Nach dem Durchschneiden des Rückenmarkes kehren die Reflexe nicht zurück.

3. und 4. Versuche an zwei Fröschen mit 4 % $\dot{U}$-Lösung. — Die Reflexe hören auf nach einer geringen Einspritzung. Sie kehren nach dem Abschneiden des Rückenmarkes — das mit möglichst wenig Verletzung des übrigen Körpers durch Abstechen mit einem Meissel von der Vorderseite aus gemacht wurde — zurück, und können nun nicht mehr durch $\dot{U}$-Einspritzung vertrieben werden.

5. Das Einspritzen von $\dot{U}$ hob die willkürlichen Bewegungen auf, die Reflexe nehmen sehr bedeutend ab, aber verschwinden nicht vollkommen. Nach einiger Zeit erholt sich der Frosch wieder vollkommen und hüpft im Glase umher.

6. Der Frosch ist sogleich in Beziehung auf willkürliche Bewegungen und Reflexe gelähmt. Nach Abschneiden des Kopfes kehren, nach 1,5 Minuten, die Reflexe zurück: Nach 1 hor. 45′ bestehen sie noch. Nach 3 hor. sind sie weg. —

### B. Versuche an enthirnten Thieren.

7—9. Drei Versuche an drei Fröschen, denen das Gesammthirn entfernt war vor der erstmaligen Einspritzung. — Die Harnstofflösung ist bei diesen Thieren bei ihrer Einspritzung vollkommen wirkungslos. Die Reflexe bestehen ungeschwächt fort.

10—11. Einspritzung nach vorläufiger Durchschneidung des Rückenmarkes in der oben angegebenen Art. Zwei Versuche an zwei Thieren. Es wurde controlirt, dass die $\dot{U}$-Lösung wirklich den Körper durchströmte. Es wurden je 15 CC. $\dot{U}$-Lösung von 4 %, wie in allen obigen und späteren Versuchen, eingespritzt. Die Reflexe bleiben bestehen ohne eine bemerkbare Schwächung.

12. Der Versuch ergab vollkommen das gleiche Resultat.

### 2. Versuche bei Ausschliessung verschiedener Hirntheile.

Nachdem durch die ebenbeschriebenen Versuche die Wirkung des $\dot{U}$ als sich allein auf das Gehirn beschränkend nachgewiesen war, versuchte ich noch weiter, im Gehirn selbst die betroffenen Partieen aufzufinden. Ich wurde dabei von der Idee geleitet, dass man auf diese Weise das von Setschenow beschriebene Reflexhemmungscentrum müsste localisiren können.

C. Schnitt unter den Vierhügeln und zwischen diesen und dem verlängerten Mark.

13. Die Einspritzung von $\overset{+}{U}$ (4 %) ist erfolglos, die Reflexe bleiben und sind nach 1 hor. noch vorhanden, nach weiter einer Stunde ist der Frosch todt. Die Reflexe sind nach dem Einspritzen sehr stark, so dass mit Mühe der Frosch auf dem Befestigungsbret zu halten ist. Nach und nach wird dieser Bewegungssturm etwas geringer.

Bei dem Einspritzen zeigten sich leichte, krampfartige Bewegungen.

D. Schnitt durch die Mitte der Vierhügel.

14. Die Reflexe verschwinden Anfangs, später kehren sie aber zurück und bleiben nach neuen Einspritzungen. Nach Durchschneidung des Rückenmarkes werden die Reflexe stärker und später sehr lebhaft.

15. Die Reflexe werden anfänglich schwächer, nach 0,5 Minuten sind sie wieder ungeschwächt vorhanden und bleiben.

16 und 17. Zwei Versuche an zwei Fröschen. — Die Reflexe bleiben nach der Einspritzung. Die Einspritzung hat eine Einathmungsbewegung der Bauchmuskeln zur Folge. Die Athembewegungen gehen fort in den Fällen von 14—17 incl.

E. Schnitt durch die Mitte der Hemisphären.

18. Die erste minimale Einspritzung der 4 % $\overset{+}{U}$-Lösung bewirkt einen enormen Tetanus mit Rückwärtsbeugung. Die Reflexe sind nach dem Aufhören desselben sehr geschwächt, aber noch vorhanden. Eine neue Einspritzung macht keine Krämpfe; die Muskeln sind bewegungslos. Die Reflexe sind ganz verschwunden.

Nach Durchschneidung der Vierhügel in der Quere wie oben kehren nach 2 Minuten die Reflexe schwach zurück, später sind sie wieder verschwunden.

19. Die Reflexe werden äusserst schwach, aber verschwinden nicht vollkommen; nach der Durchschneidung des Rückenmarkes verschwinden sie ganz, ohne wiederzukehren.

20. Die Reflexe verschwinden gänzlich. Das Durchschneiden des Rückenmarkes bringt sie nicht zurück.

21. Die Reflexe verschwinden gänzlich. Es treten auf wiederholtes Einspritzen die enormsten tetanischen Krämpfe auf. Das Durchschneiden des Rückenmarkes bringt die Reflexe nicht zurück.

22. Der Erfolg wie bei Versuch 20. Die Reflexe hörten auf. Es traten, scheinbar ohne weitere Ursache, leichte Bewegungen ein, die einen spontanen Charakter vortäuschten.

Als Resultat der Localisirungsversuche der Harnstoffwirkung im Gehirne des Frosches stellt sich Folgendes heraus:

Die durch die Harnstoffeinspritzung betroffene Hirnpartie liegt zwischen der Mitte des Grosshirnes und der Mitte der Vierhügel, wohin etwa auch Setschenow das von ihm aufgefundene Reflexhemmungscentrum verlegt.

Die Wirkung der Harnstoffinjection scheint eine Reizung des Reflexhemmungscentrums zu sein, aus der sich sehr bald eine Lähmung des gesammten peripherischen Reflexapparates entwickelt, so dass auch nach der Entfernung des gereizten Hirnorganes — nach Durchschneidung des Rükkenmarkes — nur in seltenen Fällen und schwach die Reflexe wiederkehrten, in der Mehrzahl der Fälle blieben sie aus.

Trotz der Lähmung der Reflexmechanismen reagirt jedoch das Rückenmark auf directe Reizung mit einer Nadel noch kräftig, und die Nerven bleiben noch erregbar.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass, während die $\dot{U}$-Einspritzung auch in einer Concentration von 4 % und mehr keine krampfhaften Bewegungen bei dem unverletzten Thiere erregte, solche in einzelnen Fällen, in denen das Gehirn durch Einschneiden verändert war, und zwar theilweise sehr heftig auftraten.

Die Schnitte, nach welchen solche Krämpfe auftraten, lagen zwischen der unteren Hälfte der grossen Hemisphären bis zur unteren Grenze der Vierhügel, die gereizte Partie muss demnach unterhalb dieser letzteren Grenze gelegen sein, wenn wir annehmen, dass jene — wie das alle anderen Versuche genügend ergeben — einen centralen Ursprung hatten. Ein peripherischer Ursprung wird als möglich ausgeschlossen durch das Ergebniss der Wirkungslosigkeit des $\dot{U}$ nach Abtrennung des Rückenmarkes unterhalb des verlängerten Markes. Ich bin der Ansicht, dass die Krämpfe nach Durchschneidung von Gehirnpartieen nicht auf die später eingespritzte $\dot{U}$-Lösung zu beziehen seien, da ich nach Durchschneidung der Grosshirnhemisphären spontan in einem Falle die enormsten Streckkrämpfe, die einen Strychnintetanus

vortäuschten, auftreten sah. In jenem Falle wurde gleichfalls constatirt, dass die Reflexthätigkeit keine Steigerung erfahren hatte. —

Es schien mir wünschenswerth, nach diesen Beobachtungen am $\dot{U}$ auch noch nachträglich zu prüfen, wie sich denn das Kreatin gegen das Reflexhemmungscentrum verhalte.

Alle — 12 — angestellten Versuche ergaben in dieser Hinsicht ein negatives Resultat. Die Reflexbewegungen waren zwar nach der Einspritzung schwächer in Beziehung auf die Muskelbewegungen, die durch tactile Reize ausgelöst wurden, was sich jedoch als eine nothwendige Folge der ermüdenden Eigenschaft des Kreatins voraussehen liess. Die Reflexe verschwanden nie.

Es zeigen diese Versuche deutlich, dass sich die einzelnen Organe vollkommen verschieden verschiedenen im Allgemeinen als Organreize aufzufassenden Stoffen gegenüber verhalten. Kreatin, das von so energisch ermüdender Wirkung auf das Muskelgewebe ist, lässt das Centralorgan der Reflexhemmung ganz unbeeinflusst; der Harnstoff umgekehrt wirkt — soviel meine Versuche ergeben — allein auf dieses Organ und vielleicht noch auf das Organ des Willens.

Es wäre vielleicht möglich anzunehmen, dass die Vernichtung der Reflexthätigkeit allein das Bild der sensoriellen Lähmung schon hervorbrächte. —

## § 4.

### Hippursäure.

Am nächsten schliesst sich in ihrer Wirkung die Hippursäure an den Harnstoff an; auch sie setzt weder die Erregbarkeit noch die Kraft der Musculatur herab.

Beispielsweise theile ich folgende Tabelle mit.

Hippursäure-Versuch am frischen Frosch Nr. 1.

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 1' | Frischer Frosch . . . . . | 155 | 35° |
| 4' | Einspritzen einer kaltgesättigten Lösung von Hippursäure in 0,7 % Kochsalzlösung — 75 CC. — Anfänglich treten bei jeder neuen kleinen Einspritzung Zuckungen auf. Die Reflexe verschwinden ganz. | | |

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 7′ | Das Herz steht still und contrahirt sich auch nicht mehr auf tactile Reize. . . . Nach Kochsalzeinspritzung kehren die Reflexe nicht zurück, aber das Herz pulsirt wieder. Muskeln und Nerven sind noch vollkommen erregbar. | 156<br>155 | 40° |

Das Resultat der Hippursäure-Einspritzung stimmt in so fern mit dem bei Harnstoffinjection beobachteten überein, als auch hier kein Einfluss auf die Erregbarkeit und Kraft der Stammmusculatur nachweisbar ist, während die Reflexe verschwinden. Ein Unterschied existirt in der Wirkung auf das Herz, die bei Hippursäure regelmässig beobachtet wurde. Das Herz wird gelähmt und zwar, wie mir scheint, in seiner Musculatur. Eine schwache Wirkung auf die Stammmusculatur deuten auch die beobachteten Contractionen nach der Einspritzung an.

Es fragte sich, ob auch bei Hippursäure wie bei dem Harnstoff die von der Einspritzung hauptsächlich betroffene Partie im Gehirn sich finde. Ich theile beispielsweise zwei Versuche mit, die mir ausreichend scheinen, dafür den geforderten Beweis zu liefern.

### Hippursäure-Versuch Nr. 2.

Bei dem frischen Frosch erfolgte die erste Zuckung bei 143 Mm. Rollenabstand. Bei 50 Mm. Rollenabstand zog er den Muskelzeiger auf 37°. Nach der Hippursäure-Einspritzung — 75 CC. in der obigen Concentration — steht das Herz still. Die Reflexe sind gänzlich verschwunden. Erste Zuckung bei 170 Mm. Rollenabstand, bei 50 Mm. Zeiger bis zu 35° — 40° gezogen. Das Rückenmark wurde durchschnitten; während der Hippursäure-Einspritzung kehren die Reflexe zurück, sie bleiben jedoch schwach und das Herz bleibt bewegungslos. Durch Salzwasser-Einspritzung kehren die Herzcontractionen zurück.

### Hippursäure-Versuch Nr. 3.

Dem frischen Frosch wurde das Rückenmark durchschnitten. Die Hippursäure-Einspritzung hat ein Stillstehen des Herzens zur Folge, die Reflexe bleiben bestehen, der Frosch hält die Beine fest an

den Leib gezogen. Sobald eine Einspritzung von Hippursäure gemacht wird, legt sich das Bein erschlafft zur Seite. Das Herz bleibt bewegungslos und contrahirt sich weder auf tactilen noch elektrischen Reiz. Die Bewegung der übrigen quergestreiften Musculatur bleibt kräftig. Nach Kochsalz-Einspritzung kehren die Herzcontractionen zurück. —

Es ist deutlich, dass auch die Hippursäure eine directe Wirkung auf das Reflexhemmungscentrum besitzt, indem sie dasselbe primär erregt, worauf später eine vollkommene Lähmung der peripherischen Reflexmechanismen eintreten kann. — Versuch Nr. 1. — War die Einwirkung der Hippursäure weniger energisch, so erholen sich die Reflexmechanismen nach Abtrennung des Hemmungscentrums wieder, sogar während sie von Hippursäure fortwährend umspült sind. — Versuch Nr. 2. — Die Hippursäure hat keine lähmende Wirkung auf die Reflexe, wenn das Rückenmark durchschnitten war vor der Einspritzung, doch hat sie offenbar, wie aus Versuch Nr. 3. hervorgeht, die Eigenschaft, die Reflexthätigkeit zu beruhigen; die Hippursäure hebt die durch eine vorausgegangene äussere Einwirkung gesetzte Reflexreizung auf.

Die Wirkung der Hippursäure auf das Herz scheint uns die Möglichkeit zu zeigen, dass Reize nur auf einzelne bestimmte quergestreifte Gruppen Muskelfasern einzuwirken im Stande sind, während sie allen anderen (?) gegenüber indifferent sein können.

## § 5.

### Glycocholsaures Natron.

Die Versuche von A. Röhrig, über den Einfluss der Galle auf die Herzthätigkeit (Arch. d. Heilkunde IV. 385—419), welche eine Einwirkung der Galle auf die Herzbewegung von den Herzganglien aus nachgewiesen haben, erregten in mir die Absicht, diesen Stoff auch in seiner Wirksamkeit auf die Gesammtmusculatur zu prüfen. Wenn sich auch normal keine Gallensäuren im Muskel finden, so kann doch im Icterus ein Einwirken dieser Stoffe auf die Musculatur statthaben.

Nach diesem Gesichtspunct gehört demnach auch die Galle in den Bereich vorliegender Untersuchung.

Es wurde nur gallensaures Natron auf seine Wirkung geprüft. Die Lösung desselben, von 1 %—0,5 %, geschah in 0,7 % Kochsalzlösung.

Einige Beispiele werden genügen, die beobachteten Verhältnisse klar zu machen; ich stelle sie in folgender Tabelle zusammen.

## Versuche mit gallensaurem Natron.

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| | Nr. 1. | | |
| 1′ | Frischer Frosch . . . . . | 155 | 40° |
| 3′ | 10 CC. Lösung von gallensaurem Natron von 1 % eingespritzt = 0,1 Grm. Der Frosch verfällt in starke Krämpfe, später in anhaltenden Tetanus, der den Zeiger hält auf . | . . . . | 32° |
| 18′ | Die Muskeln sind noch gespannt, hart wie Holz, der Zeiger steht auf . . . . . | . . . . | 9° |
| 10′ | Der Zeiger stand noch auf 10°, es war noch Tetanus vorhanden . . . . . | 125 | 2° |
| | Das Herz war nach der Galleneinspritzung anfangs bewegungslos, die Vorhöfe ausgedehnt, die Kammer contrahirt. Auf directen Reiz contrahirte es sich noch und nachdem es auf diese Weise einige Male sich contrahirt hatte, pulsirten die Vorhöfe in Pausen. | | |
| 19′ | Die Muskeln sind noch erregbar, doch nicht mehr im Stande, das Gewicht zu heben. | 125 | 0° |
| 30′ | Alles wie oben. Es wurden nun 150 CC. Kochsalzlösung durchgespritzt. Das Herz begann zu pulsiren, die Muskeln trieben sich enorm auf, sie werden glasartig durchsichtig. | | |
| 34′ | Nach dem Einspritzen steht die Herzpulsation wieder, es treten aber auf directe Reize kräftige Contractionen ein . . . . | 125 | 0° |
| | Nr. 2. | | |
| 1′ | Frischer Frosch . . . . . | 140 | 60° |
| 2′ | 20 CC. 0,5 % gallensaures Natron in Lösung eingespritzt. Das Herz steht sogleich still, contrahirt sich nicht auf directen Reiz. Allgemeinkrämpfe in den Muskeln . . . | 150 | 60° |
| 4′ | Herz todt; die Reflexe sind noch vorhanden, aber undeutlich, weil die Muskeln steif sind. Der Frosch contrahirt die Muskeln noch auf tactile Reize der Haut, er kann aber das Bein nicht mehr anziehen. | 145 | 30° |
| 10′ | Herz todt. Reflexe schwach wie oben, die Augen werden auf Berührung der Cornea nicht geschlossen . . . . . | 160 | 30° |

| Zeit im Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| 15′ | Alles wie oben . . . . . | 145 | 30° |
| 20′ | Die Reflexe scheinen nun ganz zu fehlen. | 160 | 28° |
| 22′ | ,, ,, | 155 | 22° |
| 30′ | ,, ,, | 155 | 15° |
| 50′ | ,, ,, | 160 | 8° |
| 60′ | ,, ,, | 160 | 10° |
| 70′ | ,, ,, | 160 | 8° |
| 71′ | 75 CC. Kochsalzlösung eingespritzt. Der Frosch bläht sich allgemein sehr stark auf; die Muskeln werden dick und glasig. Das Herz todt, die Reflexe verschwunden . . | 160 | 10° |
| 74′ | Herz todt, Frosch steif. Vom Rückenmark aus schwache Zuckungen. | 160 | 20° |

Es ergeben alle von mir angestellten Versuche, wie die oben mitgetheilten, dass das gallensaure Natron eine **lähmende** Wirkung auf die gesammte quergestreifte Musculatur ausübt; die Wirkung auf das Herz ist demnach keine specifische, sondern bezieht sich darauf, dass das Herz aus quergestreiften Muskelfasern besteht.

Die Wirkung des Gallensalzes beruht also auf einer Alteration der Herzsubstanz selbst und ich stimme hierin mit Traube[1]) überein, im Gegensatz zu den Ansichten Landois' und Röhrich's.

Die Wirkung der Gallensalze auf die Musculatur ist wie die der $CO_2$ keine ermüdende, sondern eine lähmende. Während wir es als Hauptcharakteristicum der ermüdenden Substanzen ansprechen müssen, dass ihre Einwirkung mit keiner chemischen Veränderung der Gewebe verbunden sei, so dass ein alleiniges Auswaschen der ermüdenden Stoffe genügt, ihre Wirkung vóllkommen wieder aufzuheben, ist die Einwirkung der Gallensalze auf die quergestreifte Musculatur eine weit tiefer gehende. Das Aufblähen der Muskeln bei der Einspritzung der indifferenten Flüssigkeit — 0,7 % Kochsalzlösung — beweist, dass der Muskel in seinem chemischen Verhalten verändert ist. Damit stimmt auch die geringe Wirkung der Salzwaschung überein.

Die Einwirkung der Gallensalze auf die peripherischen Nerven ist gering, in einigen Fällen zeigte sich statt einer Herabsetzung der Erregbarkeit eine Erhöhung derselben. Auf die Ganglienapparate ist die

1) Ueber den Einfluss der gallensauren Salze auf die Herzthätigkeit. Berl. Klin. Wochenschrift. 1864. Nr. 9 und 15.

Wirkung ebenso lähmend, wie auf die Musculatur, wofür das Verschwinden der Reflexe und die schwachen Zuckungen vom Rückenmark aus sprechen. —

## § 6.

### Kalisalze.

Die Versuche von Claude Bernard, welche die giftige Wirkung von Einspritzung von Kalisalzen in die Blutmasse nachgewiesen haben, veranlassten folgende Experimente, welche einen Aufschluss über den Grund der heftigen Einwirkung dieser Stoffe auf den thierischen Organismus ergaben.

In folgender Tabelle sind beispielsweise mit verschiedenen Kalisalzen gewonnene Resultate zusammengestellt.

**Versuche mit Kalisalzen.**

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| | Nr. 1. Chlorkalium. | | |
| 1′ | Frischer Frosch . . . . . | 150 | 65° |
| 3′ | Es wurden 15 CC. einer 0,7 % Lösung von Chlorkalium in Wasser eingespritzt = 0,1 Grm. Das Herz steht still und reagirt nicht mehr auf directe Reize. Es traten während der Einspritzung sehr starke Allgemeinkrämpfe der Muskeln ein. Bei 50 Mm. Rollenabstand sind die Zuckungen nach dem Aufhören des Tetanus sehr schwach; Reflexe, Athmung, spontane Bewegungen sind ganz verschwunden . . . | 150 | 0°!! |
| 10′ | Es wurden 75 CC. 0,7 % Kochsalzlösung eingespritzt . . . . . | 150 | 15° |
| 12′ | Wieder 75 CC. Kochsalzlösung eingespritzt . . . . . | 150 | 27° |
| 16′ | Das Herz schlägt wieder, aber langsam und schwach, Frosch gebläht. Reflexe etc. treten nicht wieder ein . . . . . | 150 | 35° |
| | Nr. 2. Salpetersaures Kali. | | |
| 1′ | Frischer Frosch . . . . . | 120 | 30° |
| 3′ | Es wurden 50 CC. 0,7 % Salpeterlösung eingespritzt, das Herz ist todt, starke Krämpfe . . . . . | 120 | 0°!! |
| 7′ | Es wurden 100 CC. Kochsalzlösung eingespritzt. Der Frosch ist, wie oben, todt; das Herz erholt sich nicht wieder. Der Frosch ist sehr aufgebläht . . . . . | 120 | 0° |

| Zeit in Minuten. | Zustand des Versuchsthieres. | Rollenabstand in Mm. bei dem Eintritt der ersten Zuckung. | Ausschlag des Muskelzeigers in Graden bei 50 Mm. Rollenabstand. |
|---|---|---|---|
| | Nr. 3. Salpetrigsaures Kali. | | |
| | Frischer Frosch . . . . . | 150 | 55° |
| | Es werden 10 CC. salpetrigsaure Kalilösung von 0,7 % eingespritzt. Das Herz steht sogleich still, starker Tetanus der gesammten Musculatur, der rasch wieder verschwindet. . . . . | 150 | 0°! |
| | Kochsalzwaschung ohne Erfolg. | | |

Die von Claude Bernard gefundene giftige Wirkung der Kalieinjectionen in die Blutmasse beruhen auf einer durch diese Substanzen gesetzten augenblicklichen Lähmung der gesammten quergestreiften Musculatur, an welcher auch das Herz theilnimmt.

Die Einwirkung ist eine sehr heftige, da schon sehr geringe Mengen der genannten Stoffe genügen, das Thier zu tödten. Eine Wiederherstellung durch Kochsalzwaschung wurde nur bei dem Chlorkalium beobachtet, nur in dem oben angeführten Falle war sie jedoch von einiger Bedeutung, sonst war die Erholung nur sehr minimal: 4° des Muskelzeigers.

An den mit Kali getödteten Thieren wurde auch eine 2 % Zuckerlösung als wiederherstellende Flüssigkeit geprüft und zwar mit Erfolg. —

Ich beschliesse hiemit diese kurze Mittheilung der angestellten Versuche und ihrer Resultate und fasse das Gesammtresultat der Untersuchung in folgende Sätze zusammen:

## § 7.

## Resultate.

### A. Wirkungen auf das Muskelgewebe.

1. Gallensaures Natron und die Chloralkalien wirken etwas anders und zwar besonders weit heftiger alterirend, als Kreatin und Milchsäure. Man kann die Wirkung dieser Stoffe im Gegensatz zu der der ermüdenden Stoffe eine lähmende nennen. Ich verkenne nicht, dass dieser Unterschied vielleicht nur ein gradueller ist. Doch ist wichtig, dass diese letzteren Stoffe sehr bald eine definitive Veränderung der Substanz des Muskels hervorbringen; während die Wirkung der ermüdenden Stoffe stets durch das Entfernen derselben aufzuheben ist.

Die Wirkung der Hippursäure auf das Herz scheint auf einer directen Einwirkung dieses Stoffes auf die Herzsubstanz selbst zu bestehen. Die Wirkung ist eine vorübergehende, ermüdende. Es scheint dies ein Beispiel dafür, dass ein Stoff im Stande ist, nur auf eine bestimmte, kleine Gruppe quergestreifter Fasern zu wirken — auf's Herz. Doch scheinen dagegen die einige Male beobachteten Zuckungen der Stammmusculatur während der Einspritzung darauf hinzudeuten, dass vielleicht doch eine wenn auch schwache Einwirkung auf die gesammte quergestreifte Muskelsubstanz statthabe. Die bisher angestellten Versuche ergaben sonst stets, dass sich das Herz ganz den übrigen quergestreiften Muskeln analog den alterirenden Stoffen gegenüber verhielt.

2. Die anderen untersuchten Stoffe zeigen keine Wirkung auf den Muskel.

B. Wirkung auf das peripherische Nervensystem.

3. Die Erregbarkeit der Nervenstämme wird, wie bekannt, wie bei normaler Ermüdung, erhöht durch die wirklich ermüdenden Stoffe: Milchsäure und Kreatin.

4. Die Erregbarkeit vermindernd, resp. vernichtend wirken: Kohlensäure und gallensaures Natron.

5. Ganz indifferent auf die peripherischen Nerven zeigen sich: ausser Kreatinin, noch Traubenzucker, Harnsäure, saures harnsaures Natron, Harnstoff, Hippursäure, Kalisalze.

C. Wirkungen auf die Reflexmechanismen.

6. Erregend auf das Setschenow'sche Reflexhemmungscentrum wirken: Harnstoff, Hippursäure, gallensaures Natron und die Kalisalze. Alle anderen von mir hier untersuchten Stoffe scheinen indifferent dafür zu sein.

Alle vier ebengenannten Reize des Reflexhemmungscentrums haben die gemeinsame Eigenschaft, vom Gehirn aus nach und nach eine Lähmung des gesammten peripherischen Reflexapparates herbeizuführen. Von dem Harnstoff und der Hippursäure ist nachgewiesen, dass sie direct ohne lähmenden Einfluss auf die peripherischen Reflexmechanismen seien.

7. Nur von der Hippursäure ist eine deutliche Einwirkung auf die peripherischen Reflexmechanismen

beobachtet worden. Er besteht in einer Beruhigung des durch äussere Einwirkungen gesetzten Reizzustandes derselben, ohne eine Verminderung ihrer Energie.

---

Die vorstehend mitgetheilten Resultate zeigen uns bei einer Reihe organischer Vorgänge die Möglichkeit der Erkenntniss der stofflichen, chemischen Grundlage, welche die Wissenschaft zwar aus theoretischen Gründen postulirte, die sich aber bisher einer experimentalen Beobachtung entzogen hatten.

Eine Zelle, deren Inhalt sich in seiner chemischen Zusammensetzung wesentlich verändert, muss aus theoretischen Gründen in ihren Lebenseigenschaften wesentlich verändert sein.

Wir sind mit der von mir befolgten Methode im Stande, experimental den Zelleninhalt — Inhalt des Muskelrohres, der Ganglienzellen z. B. — zu verändern und zu erforschen, 1) was wir als eine wesentliche Veränderung desselben aufzufassen haben und 2) in welcher Art sich nach einer solchen die Lebenseigenschaften der Zelle verändern.

Meine Experimente lehren direct, dass allein schon die Anwesenheit gewisser Stoffe in dem Zelleninhalte in nur einigermaassen grösserer Menge, ohne eine weitere, eingreifende Veränderung der Zelle selbst, hinreicht, ihre normalen Lebenseigenschaften zu verändern, zu verstärken oder verschwinden zu machen; und dass umgekehrt durch die einfache Entfernung oder Verminderung dieser Stoffe in dem Zelleninhalt die Eigenschaften in normaler Weise zurückkehren.

Sie lehren weiter, dass die Zellen verschiedenen Stoffen gegenüber sich sehr verschieden verhalten; dass einzelne Stoffe für alle Zellen indifferent sein können (Zucker), während andere für eine indifferent, für eine andere von bedeutender Wirkung zu sein vermögen, und zwar scheint es, dass derselbe Stoff in derselben Zelle in geringerer Menge die normalen Thätigkeiten erhöhen, in grösseren dieselben vermindern könne (Milchsäure, Kreatin).

Die Anwesenheit der gleichen Stoffe in verschiedenen Zellen bewirkt bei der einen eine Herabsetzung, bei der andern eine Erhöhung der Lebenseigenschaften. —

Die Reihe der von mir untersuchten Stoffe ist noch gering. Doch geht schon aus den bisher beobachteten Wirkungen derselben hervor,

dass der Organismus sich selbst Reize der verschiedensten Art producirt, dass eine Reihe von Lebenserscheinungen, von Veränderung der Functionen der Organe, von Hemmungsvorrichtungen auf einfachen chemischen Veränderungen des Inhalts gewisser Zellen beruhe.

Wir haben dadurch einen neuen Einblick in die Oekonomie des Organismus gethan. Wir sehen, dass den Stoffen, die wir bisher nur als Auswurfstoffe des Organismus betrachtet haben, eine weittragende Bedeutung für die organischen Verrichtungen zukomme.

---

## Anhang zum XVI. Capitel.

Um nicht die naheliegende Frage unentschieden zu lassen, ob die Wirkung der ermüdenden Stoffe eine specifische sei oder nicht, habe ich eine grosse Reihe von Versuchen angestellt, welche jedoch zu wenig praktisches Interesse für jetzt besitzen, als dass ich mich veranlasst sehen würde sie hier in ganzer Ausdehnung mitzutheilen.

Folgende Angaben mögen genügen.

Die Analogie in der Zusammensetzung des Kreatin's und Kaffeïn's hatte mich auf den Gedanken geführt, dass die Wirkungen beider Stoffe vielleicht ähnlich sein könnten. Diese Aehnlichkeit in der Wirkung konnte ich nicht auffinden. Es erregt zwar das Kaffeïn ebenso wie das Kreatin heftige Krämpfe bei der Einspritzung in den Muskel in einer Lösung von 0,7 % Kochsalz, aber die Leistungsfähigkeit der Muskeln und Nerven wird durch Kaffeïn gleichzeitig herabgesetzt: das Kaffeïn wirkt demnach nicht ermüdend, sondern analog den übrigen Narcoticis, die auch beide Organe in ihren Lebenseigenschaften gleichzeitig herabsetzen. Das Herz schlug unter der Kaffeïnwirkung meist fort, aber verlangsamt. In Fällen, in denen ich die Prüfung auf Erregbarkeit der Nerven während des Bestehens des Tetanus der Muskeln machte, zeigte sich selbstverständlich eine Erhöhung, die aber im Tetanus selbst nicht in der Anwesenheit des Kaffeïn's

seinen Grund hatte. Nach dem Tetanus zeigte sich Verminderung der Erregbarkeit.

Ich habe sonach bisher noch keinen Stoff von analoger Zusammensetzung wie das Kreatin gefunden, der eine analoge physiologische Wirksamkeit gezeigt hätte. —

Ganz anders verhält es sich mit der Wirkung der Milchsäure.

Wohl bei allen anorganischen und organischen Säuern gelingt es, eine Concentration herauszufinden, in der jede der Milchsäure fast vollkommen analog wirkt. Ich habe untersucht in mannichfachen Concentrationsgraden:

1. Schwefelsäure,
2. Salzsäure,
3. Salpetersäure,
4. Essigsäure,
5. Weinsteinsäure,
6. Oxalsäure,
7. Ameisensäure.

Alle zeigten das übereinstimmende Verhalten, dass sie in bestimmten Verdünnungen eingespritzt — natürlich gemischt mit Lösungen von Natronsalz, meist mit 0,7% Kochsalzlösung — die Erregbarkeit der Nerven erhöhten, während sie die Leistungsfähigkeit des Muskels herabsetzten. Sie wirken also ganz wie Milchsäure. Nur in so fern zeigen sie Verschiedenheiten, als der Grad der gleichzeitigen Erhöhung und Herabsetzung der Lebensfunctionen des Nerven und Muskels nicht ganz constant ist.

Während Schwefelsäure und Salzsäure die Leistungsfähigkeit stark herabsetzen, die Erregbarkeit aber verhältnissmässig schwach erhöhen, wirkt Salpetersäure umgekehrt, die Erhöhung der Erregbarkeit des Nerven ist eine enorme. Das letztere ist auch bei der Ameisensäure der Fall. Die anderen geprüften organischen Säuren wirken der Milchsäure fast vollkommen analog.

## Siebzehntes Capitel.

### Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf das elektromotorische Verhalten des Muskels.

---

§ 1.

**Leitende Versuchsgedanken.**

Wir haben im Capitel XIV die Hemmungsvorrichtung für die Muskelaction, die sich während des Tetanus entwickelt, im Allgemeinen in der Anwesenheit der im Muskel bei der Action sich bildenden Zersetzungsproducte beruhend gefunden.

Im Capitel XV wurde es uns klar, dass nicht alle der im Muskel sich bildenden Stoffe als Hemmungsmittel fungiren können, sie sind dafür nicht alle gleichwerthig.

Als eigentlich ermüdende, die Muskelaction hemmende Stoffe fanden wir unter den im Muskel selbst sich bildenden Stoffen nur: die Milchsäure und das Kreatin.

Dagegen zeigte sich der Zucker ganz wirkungslos auf die gesammten organischen Verrichtungen; nur sehr schwach wirksam das Kreatinin.

Die Kohlensäure sahen wir ihre Wirksamkeit erst ausserhalb des Muskels der Hauptsache nach entfalten.

Im Capitel XVI stellten wir uns die Frage, ob nicht vielleicht noch andere Stoffe, die in dem Organismus selbst als Zersetzungsproducte entstehen, aber an anderen Orten als im Muskel, auch auf das Muskelgewebe einen physiologischen oder pathologischen Einfluss ausüben könnten.

Wir fanden nur das gallensaure Natron als wirksam und zwar noch in weit heftigerer Weise als das die ermüdenden Stoffe waren.

Die anderen untersuchten Stoffe, die theilweise eine bedeutende Einwirkung auf andere Organe des Körpers erkennen liessen, zeigten sich unwirksam in Beziehung auf den Muskel: die Harnsäure und der Harnstoff. Bei der Hippursäure blieb es zweifelhaft, ob sie nicht eine schwache Wirkung zeige auf unser hauptsächlichstes Versuchsobject.

Von den in den Organismus von Aussen eingeführten, aber für ihn und seine chemische Constitution nothwendigen anorganischen Stoffen wurden nur Chlornatrium und Chlorkalium mit noch einigen anderen Kalisalzen untersucht.

Während das eine: Chlornatrium in einer den organischen Flüssigkeiten entsprechenden Verdünnung gar keine alterirenden Wirkungen auf den gesammten Organismus zeigte, ergaben die mit den Kalisalzen angestellten Versuche, dass sie sowohl für den Muskel als die Ganglienzellen ein äusserst heftiges Gift seien. —

Die Untersuchungen über die Wirkung der Zersetzungsproducte des Organismus auf das Nervensystem stehen noch als einzelne Voruntersuchungen da; doch gestatten sie uns schon den Schluss, dass analog wie im Muskel auch in dem gesammten Nervensysteme die Lebenseigenschaften Functionen seiner chemischen Stoffanordnung seien. Wir gehen an diesem Orte nicht weiter auf sie ein, sondern wenden uns schliesslich dem Muskel mit Ausschluss aller weiteren Fragen wieder zu. —

Wir haben das »Ob« in der Frage nach der Hemmungseinrichtung der Action des Muskels in den vorstehenden Untersuchungen entschieden. Es bleibt für unsere Entscheidung noch das »Wie« übrig.

Wie haben wir uns die Wirkung der ermüdenden Stoffe innerhalb des Muskels zu denken?

Unsere bisherigen Untersuchungen lassen keinen Zweifel mehr übrig: dass durch die Anwesenheit der ermüdenden Stoffe im Muskel die Richtung der chemischen Zersetzung verändert werde. Das quantitative Verhältniss der sich bildenden Zersetzungsproducte zu einander wird durch den Tetanus ein anderes als es in der Ruhe ist.

Wir sehen, dass durch die Anwesenheit der Zersetzungsproducte im Muskel schliesslich diejenigen Oxydationen oder Spaltungen von Muskelstoffen gänzlich

aufhören, auf welchen die Arbeitsleistung des Muskels beruht: der Muskel hört unter ihrer Einwirkung auf, Arbeit zu leisten.

Wir haben gesehen, dass während des Tetanus die Oxydationsvorgänge im Muskel anfänglich gesteigert seien. Haben die Oxydationsproducte vielleicht die doppelte Aufgabe für den Muskel: anfänglich die Oxydationsvorgänge zu steigern und schliesslich sie ganz zu vernichten? —

Die uns noch restirenden Fragen sind, wie wir auf den ersten Blick sehen, sehr schwieriger Natur. Doch ist es mir gelungen, wenigstens einige Hauptgesichtspuncte für die Wirkungsweise der ermüdenden Stoffe aufzufinden.

Gehen wir sogleich zu den angestellten Versuchen selbst über.

## § 2.

### Besprechung der Wahrscheinlichkeit eines Einflusses der ermüdenden Stoffe: Milchsäure und Kreatin auf die elektromotorische Kraft des Muskels.

Seit der epochemachenden Entdeckung E. du Bois-Reymond's über die elektromotorische Wirksamkeit der Muskeln und Nerven wissen wir, dass alle chemischen Vorgänge innerhalb der genannten Organe unter dem Einflusse sehr starker elektrischer Ströme vor sich gehen.

**Wir können nicht umhin anzunehmen, dass diese elektrischen Ströme, unter welchen die chemischen Stoffumänderungen in Muskel und Nerven stattfinden, auf die Richtung dieser Vorgänge von entscheidendem Einflusse seien.**

Wir müssen glauben, dass die grössere oder geringere Stärke des elektrischen Stromes, der im Muskel kreist, nicht ohne Einfluss sein könne auf die Grösse und Richtung der in diesem Organe sich ereignenden Zersetzungen.

Diess waren die Gesichtspuncte, von denen ich geleitet wurde, als ich es unternahm, die ermüdenden Stoffe auf ihre Wirkung auf die elektromotorische Kraft des Muskels zu prüfen.

Von vorn herein scheint mir der Gedanke, dass wir auf Wirkun-

gen der ermüdenden Stoffe auf die Elektricitätsentwickelung des Muskels stossen werden, schon durchaus nicht unwahrscheinlich.

Es ist klar, dass der Bau des Muskels, der, wie E. du Bois-Reymond nachgewiesen hat, aus Massentheilchen besteht, die eine ganz bestimmte, ich möchte sagen, gegliederte Anordnung ihrer elektromotorischen Eigenschaften besitzen, nur so gedacht werden kann, dass der elektromotorischen Massenanordnung eine eben so complicirte chemische Constitution entspreche, welche letztere wohl als die Ursache der ersteren angesehen werden muss.

Verändern sich die chemischen Verhältnisse des Muskels, wie dies im Tetanus, bei Muskelcontraction stattfindet, oder wie wir dies künstlich durch Inprägniren des Muskels mit verschiedenen chemischen Stoffen zu thun im Stande sind, so wird, wie dies E. du Bois-Reymond für den Tetanus, für jede Muskelcontraction nachgewiesen hat, damit nicht nur die Anordnung der chemischen Molecüle, sondern gleichzeitig auch die der elektrischen, was vielleicht ein und dasselbe ist, eine Veränderung erleiden müssen.

Vielleicht hat die von E. du Bois-Reymond nachgewiesene Drehung der elektrischen Molecüle des Muskels bei dem Tetanus — die negative Schwankung des Muskelstromes — ihren Grund in einer durch den Tetanus gesetzten Veränderung in der chemischen Constitution der letzten Muskelelemente.

Der Gedanke scheint an sich nicht zurückzuweisen; aber freilich sieht Jeder, welcher die geringe Einsicht in die chemischen Veränderungen der Muskelsubstanz, die wir bisher noch immer nur besitzen, bedenkt, dass der Nachweis dieser Hypothese eine Aufgabe ist, die unsere jetzigen Kräfte noch weit übersteigt. Der Gesetzmässigkeit und absolut strengen Regelmässigkeit der elektrischen Erscheinungen am Muskel stehen als möglicher Erklärungsgrund einige ungeordnete, unvollkommene Thatsachen der chemischen Analyse gegenüber. So lange es uns nicht gelingen will, auf chemischem Wege den Bau des Muskels ebenso in seine schliesslichen Elemente zu zerlegen, wie diess in den vollendeten Untersuchungen E. du Bois-Reymond's für den elektromotorischen Bau des Muskels definitiv geschehen ist, sind alle unsere Behauptungen der Gleichartigkeit der elektrischen und chemischen Constitution des Muskels keine Erklärungen, sondern höchstens Er-

klärungsversuche, die nur im aller allgemeinsten Sinne Anspruch auf Richtigkeit machen können.

Sprechen wir es aus: über den chemischen Bau der elektrischen Molecüle des Muskels sind wir nicht einmal im Stande Hypothesen aufzustellen.

Trotzdem steht es fest, dass die Muskelelemente durch den Tetanus eine Veränderung ihrer chemischen Zusammensetzung erleiden müssen. Hat ja doch E. du Bois-Reymond zu seiner Entdeckung der negativen Schwankung des Muskelstromes noch die weitere ebenso wichtige, weil vielleicht die ersten Anfänge einer Erklärung gebende Entdeckung hinzugefügt, dass der tetanisirte Muskel sauer reagire, während der geruhte Muskel eine neutrale Reaction erkennen lässt. Zu dieser ersten sicheren Grundlage einer chemischen Physiologie des Muskels haben neuere Untersuchungen und auch die vorstehende Abhandlung weitere Beiträge geliefert, auf die eine spätere Forschung wohl mit vollendeteren Hülfsmitteln, als sie uns heute zu Gebote stehen, wird fortzubauen haben, um zu dem schliesslichen Ziele: der Erkenntniss der chemischen Constitution der elektrischen Molecüle des Muskels zu gelangen.

Ebenso ist es das Verdienst des schon so oft genannten ausgezeichneten Forschers, nachgewiesen zu haben, dass Hand in Hand mit der chemischen Veränderung des Muskels bei seinem Absterben eine Veränderung und zwar eine Schwächung der nach aussen sichtbar werdenden elektromotorischen Kräfte des Muskels eintrete.

In dieser Beobachtung scheint mir mit ziemlicher Bestimmtheit der Beweis zu liegen, dass zu den normalen Zersetzungen des lebenden Muskels, als deren Resultate wir die complicirten Spaltungsproducte der Muskelsubstanz: Kreatin, Zucker, Fett etc. etc. auftreten sehen, der elektrische Muskelstrom das bedingende Moment bilde. Sowie wir denselben verschwinden sehen, sehen wir auch von den oben genannten wesentlich verschiedene Zersetzungsstoffe, die einfach zusammengesetzten Producte der Fäulniss der Eiweissstoffe auftreten. —

So genügt also schon das bis jetzt vorliegende Material, um uns ein oberflächliches Bild von den chemischen Grundlagen der elektromotorischen Kräfte des Muskels und von den Wirkungen der letzteren auf die chemischen Vorgänge zurück zu entwerfen, und ich gehe darum mit einigem Vertrauen über zu diesem schwierigsten und wie Jeder

weise, der die Bearbeitung dieser Fragen versteht, auch gefährlichsten Theile meiner Untersuchungen, da hier so leicht Täuschungen und Irrthümer an Stelle genauer Versuchsresultate für den sich ergeben können, der nicht wie der Schöpfer dieses Zweiges der Physiologie in dem ausgedehntesten Maasse die hier möglicherweise unterlaufenden Fehlerquellen kennt.

Es muss versucht werden, ob die im Vorstehenden angedeutete Hypothese von dem Zusammenhange der elektromotorischen Wirkungen des Muskels mit seiner chemischen Stoffanordnung vor der Experimentalkritik Stich hält.

Die Frage, die wir vorerst uns zur Beantwortung vorlegen müssen, ist die:

Wird durch das Auftreten der ermüdenden Stoffe im Muskel — durch die künstliche Ermüdung des Muskels — die elektromotorische Wirksamkeit desselben geschwächt resp. ganz vernichtet?

Es ist einleuchtend, dass wir uns hierbei zuerst und vor Allem an die Prüfung einer künstlichen Milchsäureimprägnirung des Muskels im Versuche halten müssen, da wir ja von ihr in aller Sicherheit wissen, dass sie sowohl während der negativen Stromschwankung, wie bei dem endlichen Erlöschen des Muskelstromes im Absterben, als ein neues Moment in der chemischen Zusammensetzung des Muskels sich geltend macht.

## § 3.
## Methode.

Die Methode der Prüfung war folgende.

Der Frosch wurde zuerst ganz in der von mir bisher stets angewendeten Weise durch Einspritzung von Milchsäure etc. ermüdet, nachdem ich ihm zuerst ein Hinterbein ohne Blutung abgeschnitten hatte.

War die Ermüdung nach Messungen am Muskelzeiger eine extreme, so wurde zuerst der ermüdete Gastrocnemius auf seinen elektrischen Strom nach der Methode E. du Bois-Reymond's zwischen natürlichem Querschnitt — Achillessehne — und natürlichem Längsschnitt — Muskelkopf — geprüft. An dem Gastrocnemius waren oben und unten Knochenstückchen bei der Zurichtung erhalten geblieben. Mit Hülfe derselben war er in eine du Bois-Reymond'sche Mus-

kelklemme, wie ich sie schon in den Untersuchungen des ersten Capitels verwendete, eingespannt.

Zur Ableitung des Stromes war absolut die gleiche Anordnung getroffen, wie sie im Capitel I. der vorliegenden Untersuchung zur Beobachtung des Leitungswiderstandes des Muskels gedient hatte. Wir erinnern uns noch, dass dort nur desshalb kein Muskelstrom unter den Versuchsbedingungen sich zeigte, weil wir längsgefaserte Muskeln mit gleichweit vom Aequator abstehenden Puncten auflegten auf die auch dort gebrauchten Thonprismen, die nach dem Vorgange E. du Bois-Reymond's an Stelle der prismatischen Hülfsbäusche verwendet wurden.

Es war auf dieselbe, dort nachzusehende einfache Weise ermöglicht, die anfängliche Auflagerungsstellung des Muskels auf die Thonprismen wieder zu finden, auch nachdem man den Muskel von den Thonprismen abgehoben, ja sogar nachdem man ihn für einige Zeit aus den definitiv festgestellten Armen der Muskelklemme herausgenommen hatte.

Stets wurde der Strom von der Rückenfläche des Gastrocnemius abgeleitet.

Es wurde der Gastrocnemius von mir angewendet, da er durch die Beleuchtung, die sein Bau durch E. du Bois-Reymond von neuem erfahren [1]), von neuem wieder seine Stellung unter den anwendbaren Elektromotoren des thierischen Organismus eingenommen hat.

Man kennt nach diesen erschöpfenden Untersuchungen den Gang der elektrischen Ströme in dem genannten Muskel so genau wie in einem regelmässig längsgefaserten und es kann danach, wie ich glaube, das oben beschriebene, zu vergleichenden Untersuchungen an einem und demselben Thiere so sehr einladende Präparat mit Vertrauen wieder angewendet werden, ohne dass wir zu fürchten brauchten, auf unerklärte Unregelmässigkeiten abhängig von seinem verwickelten Faserverlauf zu stossen und dadurch vielleicht zu unrichtigen Schlüssen verleitet zu werden.

Freilich ist die von E. du Bois-Reymond entdeckte parelektronomische Schicht am natürlichen Querschnitt stets noch ein an den beobachteten Verhältnissen am Gastrocnemius Zweifel erregendes Mo-

1) Ueber das Gesetz des Muskelstromes mit besonderer Berücksichtigung des M. Gastrocnemius des Frosches; du Bois-Reymond's und Reichert's Archiv. Jahrgang 1863. Heft 5 u. 6. S. 521—709.

ment und wir werden gezwungen sein, die durch jene gesetzten Bedingungen des Versuches einer eingehenden Würdigung zu unterziehen.

Nach der vorgenommenen Prüfung des ermüdeten Muskels wurde auch der geruhte, vorher wie schon gesagt abgeschnittene und bis zur Untersuchung unter einer feuchten Glocke aufbewahrte Gastrocnemius auf seinen elektrischen Strom geprüft.

Dass die du Bois-Reymond'schen unpolarisirbaren Elektroden — Zuleitungsgefässe — angewendet wurden, versteht sich von selbst.

Zur Prüfung diente ein Sauerwald'scher Multiplicator von 31500 Windungen, der, wenn nicht eine directe Angabe darüber gemacht wird, stets in halber Länge seine Anwendung fand noch geschwächt durch die Einschaltung einer Neusilberdraht-Nebenschliessung, wie sie die von Sauerwald gefertigten »Commutatoren« einzuschalten erlauben. Auf diese Weise war der Strom des frischen Gastrocnemius zwischen Muskelkopf und Achillessehne nicht immer im Stande, die Nadel an der Hemmung zu halten, was seinen Grund darin findet, dass mir zur Untersuchung die Rana temporaria diente.

## § 4.

### Versuche über die Einwirkung der ermüdenden Stoffe: Milchsäure und Kreatin auf den Muskelstrom.

Gehen wir sogleich zu den angestellten Versuchen selbst über.

Zuerst musste es mich beschäftigen, zu erforschen, in wie weit die Nadelablenkungen des Multiplicators, bei nach der angegebenen Methode so weit möglich gleichmässiger Auflagerung, in Folge der elektromotorischen Wirkung der zwei Gastrocnemien des gleichen Thieres von einander abwichen. Nur wenn sich eine annähernde Uebereinstimmung in den Nadelablenkungen herausstellte, war es ja erlaubt vergleichende Versuche in dem oben erwähnten Sinne anzustellen.

Folgender Versuch wird die beobachteten Verhältnisse nach dieser Richtung zeigen.

### Versuch Nr. I.

Wie genau stimmen die constanten Ablenkungen der Multiplicatornadel durch die beiden Gastrocnemien desselben Frosches überein?

Die zwei Gastrocnemien wurden gleichzeitig ausgeschnitten und präparirt.

Es wurde zuerst der eine Gastrocnemius — a — in die Muskelklemme gespannt und geprüft, dann der andere — b — in die Muskelklemme ganz in der gleichen Weise eingezogen. Die Arme der Klemme wurden nicht verrückt.

Stets nachdem die Nadel sich beruhigt hatte, wurde der Muskel in der Klemme von den Thonprismen abgehoben und von neuem aufgelegt.

Nach je 5 Versuchen wurde jeder Muskel aus der Klemme genommen, dann der andere eingezogen und geprüft. Nach 5 Versuchen mit diesem wieder der erste und so fort.

Folgendes ist das directe Versuchsergebniss.

Unter »positivem Ausschlag« verstehe ich hier und ferner die Nadelablenkung im normalen Sinne; unter »negativem Ausschlag« das Gegentheil.

### Einziehen in die Muskelklemme: Nr. I.

| | Muskel: a | Muskel: b |
|---|---|---|
| | constante Ablenkung von: | |
| Auflegung Nr. 1 . . . . . | 80° positiv | 77° positiv |
| „ Nr. 2 . . . . . | 80° „ | 76° „ |
| „ Nr. 3 . . . . . | 79° „ | 76° „ |
| „ Nr. 4 . . . . . | 78° „ | 73° „ |
| „ Nr. 5 . . . . . | 79° „ | 73° „ |

### Einziehen in die Muskelklemme: Nr. II.

| | Muskel: a | Muskel: b |
|---|---|---|
| | constante Ablenkung von: | |
| Auflegung Nr. 6 . . . . . | 76° positiv | 76° positiv |
| „ Nr. 7 . . . . . | 75° „ | 75° „ |
| „ Nr. 8 . . . . . | 75° „ | 75° „ |
| „ Nr. 9 . . . . . | 74° „ | 73° „ |
| „ Nr. 10 . . . . . | 75° „ | 73° „ |

### Einziehen in die Muskelklemme: Nr. III.

| | Muskel: a | Muskel: b |
|---|---|---|
| | constante Ablenkung von: | |
| Auflegung Nr. 11 . . . . . | 71° positiv | 71° positiv |
| „ Nr. 12 . . . . . | 68° „ | 70° „ |
| „ Nr. 13 . . . . . | 68° „ | 69° „ |
| „ Nr. 14 . . . . . | 67° „ | 66° „ |
| „ Nr. 15 . . . . . | 65° „ | 66° „ |

Der Erfolg des Versuches ist befriedigend:

Die constanten Ablenkungen der Multiplicatornadel durch zwei gleich frische Gastrocnemien desselben Frosches zeigen nach der befolgten Methode eine genügend scharfe Uebereinstimmung, um vergleichende Versuche zu gestatten.

Auch die beobachtete Abnahme der Stromstärke während der Dauer der Versuche — 1½ Stunde — zeigt sich als eine für beide Gastrocnemien gleichmässige. Es ergiebt sich dabei schon aus dieser Beobachtung, da wir keine Vermehrung der Stromstärke durch das wiederholte Auflegen des Muskels beobachten, dass wir keine stärkeren parelektronomischen Wirkungen des natürlichen Querschnittes zu fürchten brauchen.

Andere Versuche ergaben ein noch genaueres Uebereinstimmen der Nadelablenkungen unter den beobachteten Versuchsbedingungen. Wir können uns so getrost dieser Methode zu vergleichenden Bestimmungen bedienen.

Ehe wir uns denselben jedoch zuwenden, haben wir vorerst noch zu untersuchen, ob vielleicht, so unwahrscheinlich es auch sein mag, die äusserliche Befeuchtung der Muskeln mit den ermüdenden Stoffen als solche vielleicht eine schwächende — nicht stromentwickelnde — Einwirkung auf die constante Nadelablenkung des Multiplicators von dem betreffenden Muskel aus besitze, um nicht durch eine derartige Wirkung bei den folgenden Versuchen doch etwa getäuscht zu werden.

## Versuche Nr. II.

Hat die äusserliche Benetzung der Muskelfläche mit den ermüdenden Substanzen etwa einen schwächenden Einfluss auf die zur Beobachtung kommende Grösse des Muskelstromes?

Die Versuche wurden ganz in der oben dargestellten Weise angestellt. Der Muskel innerhalb der Klemme nach der erstmaligen frischen Prüfung mit der ermüdenden Lösung befeuchtet und dann von neuem geprüft.

Die gewonnenen Resultate stimmen so genau überein, dass ich nur die Mittelwerthe aus je 5 angestellten neuen Auflegungen hier mittheilen werde.

| | Constante Ablenkung: im Mittel aus 5 Versuchen. |
|---|---|
| **1.** | |
| Frischer Muskel | 76° positiv |
| Nachdem er in der Klemme mit Kreatinlösung befeuchtet wurde | 79° „ |
| **2.** | |
| Frischer Muskel | 82° „ |
| Wie oben mit Kreatinlösung befeuchtet | 86° „ |
| **3.** | |
| Frischer Muskel | 84° „ |
| Mit Milchsäure, verdünnt, benetzt | 82° „ |
| **4.** | |
| Frischer Muskel | 80° „ |
| Mit verdünnter Milchsäure benetzt | 80° „ |
| **5.** | |
| Zwei Muskeln desselben Frosches: | |
| a. frisch | 90° „ |
| b. nach 5 Minuten langem Liegen in einer Zuckerlösung | 90° „ |
| Nach 20 Minuten: | |
| a. frisch | 90° „ |
| b. lag in der Zuckerlösung | 90° „ |

Die mitgetheilten Versuche genügen als Beispiele dafür, dass die oberflächliche Benetzung der Muskeln mit den ermüdenden Stoffen in verdünnter Lösung keinen schwächenden Einfluss an dem im Multiplicator zur Erscheinung kommenden Muskelstrom erkennen lässt.

Somit haben wir uns auch von dieser Seite vor etwaigen Täuschungen sicher gestellt und zugleich erwiesen, dass die Parelektronomie des natürlichen Querschnittes keine Fehlerquelle in die folgenden Versuche einführt. Die Versuche wurden auch im Sommer angestellt, also bei schwacher Entwicklung der Parelektronomie.

Wir können sonach zu den angestellten vergleichenden Versuchen übergehen, von denen ich je einige Beispiele mittheilen werde.

### Versuche Nr. III.

**Haben die ermüdenden Stoffe bei ihrer Anwesenheit innerhalb des Muskels eine Einwirkung auf die erkennbare Grösse des Muskelstromes?**

## A.

## Versuche mit Milchsäure.

### Nr. 1.

Einem mittelgrossen Frosche wurde ein Bein ohne Blutung abgeschnitten und dies unter einer feuchten Glocke aufbewahrt.

Es wurden darauf dem Frosche in die Aorta Milchsäure-Injectionen gemacht mit dem bekannten Erfolge: Herzstillstand, Krämpfe in der gesammten Musculatur.

| a. Frischer Muskel<br>constante Ablenkung.<br>(Im Mittel aus 5 Versuchen.) | b. Milchsäuremuskel<br>Ausschlag der Nadel.<br>(Im Mittel aus 5 Versuchen.) |
|---|---|
| 60° positiv. | 4—6° positiv. |

### Nr. 2.

Versuchsbedingungen die gleichen.

| a. Frischer Muskel.<br>Constante Ablenkung<br>(im Mittel aus 5 Versuchen). | b. Milchsäuremuskel.<br>Ausschlag der Nadel. |
|---|---|
| 60° positiv. | 5° positiv. |
| | 10° ,, |
| | 10° ,, |
| | 10° ,, |
| | 4° ,, |
| | 8° ,, |
| | 7° ,, |
| | 12° ,, |
| | 8° ,, |

### Nr. 3.

Versuchsbedingungen die gleichen. Der frische Muskel zog bei 50 MM. Rollenabstand den Muskelzeiger bis auf 40°; nach der Milchsäureeinspritzung auf 0°, die Muskeln zuckten dabei noch etwas!

| a. Frischer Muskel.<br>Constante Ablenkung<br>(im Mittel aus 5 Versuchen). | b. Milchsäuremuskel.<br>Ausschlag der Nadel. |
|---|---|
| 90° positiv | 2° negativ! |
| hielt die Nadel an der Hemmung. | 4° ,, |
| | 15° ,, |
| | 4° ,, |
| | 2° ,, |

Um zu controliren, ob etwa eine Benetzung der Muskeloberfläche mit der angewendeten Milchsäure das negative Verhalten des Muskel-

stromes erkläre, wurde der frische Muskel mit der Säure äusserlich befeuchtet, die constante Ablenkung blieb ungeschwächt 90°.

An dem Milchsäuremuskel wurde über der Achillessehne ein so zu sagen »künstlicher« Querschnitt angelegt, von da aus betrug der anfängliche Nadelausschlag 8° positiv!, die constante Ablenkung 3° positiv!

Bei dem frischen Muskel betrug unter möglichst gleichen Umständen die constante Ablenkung: 90° positiv.

---

Die mitgetheilten Versuchsbeispiele zeigen den abgeleiteten Strom zwischen natürlichem Längsschnitt und natürlichem Querschnitt des Gastrocnemius nicht nur sehr geschwächt, sondern in einem Falle auch schwach negativ geworden in Folge der Milchsäureeinspritzung. Dass es sich hierbei nicht etwa um einfache chemische Ströme durch Verunreinigung der Muskeloberfläche mit Milchsäure handele, zeigt der directe Versuch mit Benetzung des frischen Muskels mit der als ermüdende Flüssigkeit angewendeten verdünnten Milchsäure: 20 gtt. Milchsäure auf 100 CC. 0,7% Kochsalzlösung.

Ehe wir weiter über dieses Factum sprechen, will ich zuerst auch einige der mit Kreatin gemachten Versuche mittheilen.

## B.

## Versuche mit Kreatin.

### Nr. 1.

Der frische Muskel zog den Muskelzeiger bei 50 MM. Rollenabstand auf 50°. Nach der Kreatineinspritzung nur noch auf 0° — 2°.

Das Herz steht still, Zuckungen auf die Einspritzung in der gesammten Musculatur des Versuchsfrosches.

| a. Frischer Muskel. | b. Kreatinmuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | Ausschlag der Nadel. |
| 72° positiv. | 8° positiv. |
| 70° „ | 7° „ |
| 69° „ | 8° „ |
| 68° „ | 8° „ |
| 67° „ | 8° „ |

Von »künstlichen« — selbstverständlich meine ich hier und in der Folge wo ich diese Bezeichnung beim Gastrocnemius anwende, nicht den »künstlichen Querschnitt« du Bois-Reymond's am regelmässig

längsgefaserten Muskeln! — Querschnitt aus ergab der Kreatinmuskel noch 76° Ausschlag der Nadel; der frische Muskel hielt die Nadel an der Hemmung.

Nr. 2.

Frischer Muskel zog bei 50 MM. Abstand der Rollen den Muskelzeiger auf 70°; nach der Kreatineinspritzung auf 0°.

Um etwaige anhaftende Substanzen (Kreatin) von der Muskeloberfläche zu entfernen, wurde der Kreatinmuskel und der geruhte Muskel beide mit 0,7 % Kochsalzlösung abgewaschen und mit ungeleimtem Papiere getrocknet.

| a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung. | b. Kreatinmuskel. Ausschlag der Nadel. |
|---|---|
| 78° positiv. | 2° positiv. |
| 72° „ | 1° „ |
| 71° „ | 0° „ |
| 70° „ | 0° „ |
| 68° „ | 0° „ |

Vom »künstlichen« Querschnitte aus gab der frische Muskel 90° positive Ablenkung; der Kreatinmuskel 60° positive.

Nr. 3.

Muskel frisch am Muskelzeiger 38° Ablenkung; nach der Kreatineinspritzung 0°.

Der Frosch ist ganz bewegungslos.

| a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung. | b. Kreatinmuskel. Ausschlag der Nadel. |
|---|---|
| 76° positiv. | 6° positiv. |
| 74° „ | 8° „ |
| 75° „ | 6° „ |
| 74° „ | 6° „ |
| 74° „ | 6° „ |

Vom »künstlichen« Querschnitt aus der frische Muskel: 90° positive der Kreatinmuskel: 65° positive constante Ablenkung. —

Wir sehen aus diesen Beispielen, dass in Folge der Anwesenheit des Kreatin's ebenso wie in Folge der Anwesenheit der Milchsäure im Muskel der nach aussen ableitbare Stromzweig des Muskelstromes zwischen natürlichem Längsschnitt und natürlichem Querschnitt des Gastrocnemius eine bedeutende Schwächung erleidet. In einem

Falle sah ich auch bei Kreatin den Strom negativ werden, ein Versuch der sogleich mitgetheilt werden soll.

Nachdem wir so gezeigt haben, dass der Strom zwischen natürlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt des Gastrocnemius unter der Einwirkung der ermüdenden Stoffe eine sehr bedeutende Schwächung erfährt, müssen wir vor allem Anderen die Frage aufwerfen, ob das künstliche Entfernen der ermüdenden Stoffe aus dem Muskel durch Auswaschen mit 0,7% Kochsalzlösung, von welchem wir wissen, dass es die Leistungsfähigkeit des Muskels wieder herstellt, auch den verschwundenen Muskelstrom wieder hervortreten macht.

Folgende Versuchsbeispiele sollen die beobachteten Verhältnisse auschaulich machen.

## Versuche Nr. IV.

### Rückkehr des elektrischen Muskelstromes, der durch das Einspritzen der ermüdenden Stoffe verschwunden ist, durch nachträgliches Auswaschen derselben.

### Nr 1.

Einem Frosche wurde das eine Bein ohne Blutung abgeschnitten; das andere mit Kreatin zuerst ganz bewegungslos gemacht, so dass man annehmen konnte, dass der Muskelstrom nun nahezu verschwunden sei. Darauf wurde es mit 0,7% Kochsalzlösung gewaschen.

Der Muskel zog frisch den Muskelzeiger auf: 40°; nach der Kreatineinspritzung auf: 0°; nach der Kochsalzwaschung wieder auf 15°.

| a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung. | b. Kreatinmuskel mit 0,7% Kochsalzlösung gewaschen. Constante Ablenkung. |
|---|---|
| 82° positiv. | 82° positiv. |
| 81° „ | 80° „ |
| 82° „ | 79° „ |
| 80° „ | 80° „ |
| 80° „ | 80° „ |

Die constanten Ablenkungen der Magnetnadel stimmen vollkommen überein, zum Zeichen, dass eine vollkommene Wiederherstellung des durch Kreatineinspritzung geschwächten Stromes durch nachträgliches Auswaschen des ermüdenden Stoffes erzielt werden kann. —

Versuche wie der folgende zeigen dieses Verhalten des Muskelstromes noch in die Augen springender.

Nr. 2.

Der Frosch wurde mit beiden Beinen auf das Versuchsbrett aufgebunden; dann mit Kreatin ermüdet. Hierauf wurde das eine Bein abgebunden und abgeschnitten, das andere durch Kochsalzwaschung wiederhergestellt; sodann beide auf ihren Muskelstrom geprüft. Der eine Muskel war auf diese Weise in dem Zustande der Ermüdung, in welchem selbstverständlich der andere vor der Kochsalzwaschung auch gewesen war. —

Der Muskel zog frisch den Muskelzeiger auf 55°; nach der Kreatineinspritzung auf 0°; nach der Kochsalzwaschung wieder auf 55° (?). (Die letzte Zahl scheint mir verschrieben in dem Versuchsprotocolle, sie scheint zu hoch.)

| a. Kreatinmuskel mit Kochsalzlösung gewaschen. Constante Ablenkung. | b. Kreatinmuskel. Nadelausschlag. |
|---|---|
| 76° positiv. | 5° negativ. |
| 76° „ | 5° „ |
| 75° „ | 5° „ |
| 75° „ | 4° „ |
| 76° „ | 5° „ |
| 74° „ | nach 5 Minuten: |
| | 30° negativ. |
| | 30° „ |
| | 30° „ |
| | 29° „ |
| | 29° „ |
| | nach 15 Minuten: |
| | 5° negativ. |
| | 5° „ |
| | 4° „ |

Die angestellten Versuche erweisen unweigerlich, dass der Muskelstrom des Gastrocnemius zwischen natürlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt, nachdem er durch die ermüdenden Stoffe verschwunden war, durch Auswaschen derselben wieder in alter Stärke zur Erscheinung gebracht werden könne. —

Es ist klar, dass diesem eben gemachten Ausspruche noch die Meinung entgegengehalten werden könnte, dass vielleicht die Kochsalzwaschung selbst es sei, welche einen auf anderen als den physiologischen Bedingungen im Muskel beruhenden Strom entstehen lasse, sodass

wir nach der Kochsalzwaschung gar nicht mehr den normalen Muskelstrom vor uns hätten, sondern eine aus anderen Ursachen hervorgehende elektromotorische Wirkung.

Es musste experimentell der etwaige Einfluss der Entfernung des Blutes aus den Blutgefässen des Muskels in Folge der Kochsalzwaschung auf ihre Wirkung auf den Muskelstrom geprüft werden.

Es wurden nur drei Versuche nach dieser Richtung angestellt, die mir aber die Frage sicher genug zu entscheiden scheinen. —

### Versuche Nr. V.

### Hat das Verdrängen des Blutes aus den Blutgefässen des Muskels durch 0,7% Kochsalzlösung einen Einfluss auf den Muskelstrom?

#### Nr. 1.

Der frische Muskel zog den Muskelzeiger auf 12°—14°; nach der Kochsalzwaschung auf 25°—27°.

Es ist diess eine der vielen Beobachtungen, dass der Muskel, der sich frisch — wohl durch Anhäufung von Muskelzersetzungsstoffen — in einem Zustande der Schwäche befand, durch das Auswaschen mit der indifferenten Kochsalzlösung in seinen Leistungen eine Steigerung erfahren könne. —

| a. Frischer Muskel. | b. Kochsalzmuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | Constante Ablenkung. |
| 60° positiv. | 74° positiv. |
| 58° „ | 74° „ |
| 61° „ | 72° „ |
| 60° „ | 72° „ |
| 59° „ | 72° „ |

Der Kochsalzmuskel zeigt einen stärkeren elektrischen Strom als der ungewaschene Muskel, wie er auch eine Steigerung seiner Fähigkeit, Gewichte zu heben, durch die Kochsalzwaschung erfahren hat.

#### Nr. 2.

Der Muskel zog den Muskelzeiger frisch auf 32°; nach der Kochsalzwaschung ebenfalls noch auf 32°.

| a. Frischer Muskel. | b. Kochsalzmuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | Constante Ablenkung. |
| 80° positiv. | 82° positiv. |
| 80° „ | 81° „ |
| 80° „ | 81° „ |
| 79° „ | 82° „ |
| 79° „ | 82° „ |

Die constanten Ablenkungen stimmen vollkommen unter einander überein. —

Nr. 3.

Der frische Muskel zog den Muskelzeiger auf 10°, mit Kochsalz gewaschen auf 25°.

| a. Frischer Muskel. Constante Ablenkung. | b. Kochsalzmuskel. Constante Ablenkung. |
|---|---|
| 70° positiv. | 78° positiv. |
| 70° „ | 78° „ |
| 70° „ | 73° „ |
| 70° „ | 73° „ |
| 71° „ | 73° „ |

Die Versuchsergebnisse sind deutlich genug:

Bei gut leistungsfähigen Muskeln zeigt sich die Kochsalzwaschung von gar keinem Einfluss auf den Muskelstrom.

Bei schwachen Muskeln (deren Leistungsfähigkeit sie auch durch Entfernen normal angehäufter ermüdender Stoffe hebt) hebt sie, wie es scheint, den Muskelstrom.

---

Es scheint mir nach diesen Beobachtungen fest zu stehen, dass wir wirklich den durch die Anwesenheit der ermüdenden Stoffe verschwundenen Muskelstrom selbst nach dem Auswaschen derselben mit 0,7 % Kochsalzlösung wieder hervortreten sehen.

Es ist danach klar, dass die Fähigkeit der Elektricitäts-Entwickelung des Muskels durch die Anwesenheit der ermüdenden Stoffe nicht ganz verschwindet, sondern nur für die Dauer jener Anwesenheit mehr oder weniger latent wird.

Die elektrischen Molecüle scheinen durch die Anwesenheit der ermüdenden Stoffe im Muskel eine veränderte Anordnung — chemische Constitution? — zu erhalten, welche scheinbar so weit gehen könne, dass die Stromesrichtung im Muskel eine Umkehr erfährt. —

## § 5.

**Experimente zum Ausschluss des Verdachtes, als hätten wir es bei den vorstehend mitgetheilten Versuchen mit einer versteckten Wirkung der parelektronomischen Schichte des natürlichen Querschnittes des Gastrocnemius zu thun.**

Wie schon mitgetheilt, wurden die vorstehenden Versuche alle im Sommer angestellt, wo sich die parelektronomische Schicht des natürlichen Querschnittes der Muskeln am wenigsten entwickelt zeigt.

Alle Versuchsresultate sprechen einstimmig dafür, dass wir keiner Parelektronomie als wesentlichem Factor in unseren Beobachtungen begegnen. Die Versuche mit Eintauchen, Befeuchten des natürlichen Querschnittes mit den ermüdenden Flüssigkeiten ergab in den vorstehend mitgetheilten Controlversuchen kein irgend deutliches Ergebniss. Bei den Benetzungen mit Kreatinlösung zeigte sich der Muskelstrom des frischen Muskels etwas gesteigert, aber die Ablenkung durch den Muskelstrom an sich hielt die Multiplicatornadel in so hohen Breiten der Theilung, dass eine solche Beobachtung stets nur mangelhaft ausfallen musste.

Ueberdiess könnte ja auch ein Einfluss der Parelektronomie kaum ein Resultat erzeugen, wie wir es gefunden haben. Man könnte höchstens meinen, dass wir den natürlichen Querschnitt der Muskeln durch die Einspritzung der ermüdenden Stoffe künstlich stärker parelektronomisch gemacht hätten. Ich gestehe dass mich wirklich dieser Gedanke, so unwahrscheinlich er auch sein mag, nach dem Abschluss der vorstehenden Untersuchungen noch verfolgte, und ich beschloss in einer erneuten Versuchsreihe mir diese Zweifel zu zerstreuen. Ehe ich wieder Zeit für diese Versuche fand, war es Winter geworden, die beste Zeit, um über das parelektronomische Verhalten des natürlichen Querschnittes Versuche anzustellen. Die Temperatur sank Nachts auf 0° in dem Raum, in welchen ich meine Frösche zu dem Zwecke der höheren Ausbildung der parelektronomischen Schicht aufbewahrte.

Die folgenden Versuche beschränkten sich wegen Mangels an vorräthigem Kreatin auf Milchsäure, beide Stoffe verhalten sich ja vollkommen analog, so dass wir die bei dem einen gefundenen Verhältnissen keck auch auf den anderen Stoff übertragen dürfen.

Der Versuchsplan war folgender. Zuerst wollte ich versuchen, ob

auch die Ströme längsfasriger Muskeln zwischen künstlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt auch eine Schwächung in der Weise erfahren durch die Milchsäureeinspritzung, wie wir es schon bei dem natürlichen Querschnitt erfahren haben. Gelingt der Versuch, so ist damit von vorne herein schon für unsere Darstellung im letztvorausgegangenen Paragraphen entschieden. Es ist dann wirklich eine Einwirkung auf den Muskelstrom selbst gewesen, der wir in den vorstehenden Versuchen begegneten.

Warum wir diesen Versuch nicht schon im ersten Anfange der Untersuchung gemacht haben, findet seine Erklärung darin, dass es dort vor Allem wünschenswerth schien, wenn auch nicht die Stromstärken selbst zu vergleichen, doch die Ablenkungen der Multiplicatornadel möglichst vergleichbar zu machen. Dazu bot sich der in die Muskelklemme eingespannte Gastrocnemius als das einfachste Präparat dar. Dass man eine Vergleichung von nur einiger Genauigkeit an längsgefaserten Muskeln bei Auflegung des künstlichen Querschnittes erzielen sollte, ist so unmöglich, dass ich den Versuch Anfangs gar nicht zu machen wagte. Jetzt, da es sich herausgestellt hat, dass es sich bei den zu beobachtenden Verhältnissen nicht etwa in den meisten Fällen um geringfügige Schwächung, sondern um ein Verschwinden, ja sogar um eine Umkehr der elektromotorischen Wirkungen des Muskels handle, stellt sich die Sache anders. Solche Unterschiede müssen sich auch ganz abgesehen von einer genaueren, ich möchte sagen messenden Methode herausstellen und deutlich erkennen lassen.

Die weiteren noch anzustellenden Versuche sollten sich direct auf die parelektronomische Schicht auf dem natürlichen Querschnitt des Gastrocnemius beziehen.

Es sollte die unwahrscheinliche Vermuthung zurückgewiesen werden, dass die ermüdenden Stoffe — Milchsäure — vielleicht eine entgegengesetzte Wirkung besitzen als die den gesetzmässigen Strom des natürlichen Querschnitts entwickelnden Stoffe[1]).

Dann sollte schliesslich noch geprüft werden, ob vielleicht das parelektronomische Verhalten des natürlichen Querschnittes des Gastrocnemius unter den Einwirkungen der Milchsäureeinspritzung eine Modification erleide.

---

1) E. du Bois-Reymond, Thierische Elektricität. Bd. II. Abthl. 2. S. 56 ff.

Gehen wir sogleich zu den Versuchen über, und zwar zuerst zu denjenigen, welche am längsgefaserten Muskel am künstlichen Querschnitt und natürlichen Längsschnitt angestellt wurden.

Die Methode war folgende. Dem frischen Frosche wurde ein M. sartorius mit grösster Vorsicht, um denselben nicht zu verletzen, herauspräparirt und dieser dann unter einer feuchten Glocke aufbewahrt. Dem Frosche wurden dann in der uns geläufigen Weise Milchsäure-Injectionen gemacht. Nachdem das Thier annähernd reactionslos geworden war, wurde auch der zweite M. sartorius herausgeschnitten und auf seinen Strom zwischen künstlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt in der bisher gebräuchlichen Weise geprüft. Es wurden nach der Methode du Bois-Reymond's die Zuleitungsgefässe von Zink mit den Papierbäuschen, die mit Thonblättchen gedeckt waren, angewendet. Das Thonblättchen für den Längsschnitt war bis auf seine Kante mit einem Glimmerblättchen zugedeckt. Zwischen die Zuleitungsgefässe war eine auf einem Stativ befestigte, nach vorne zugespitzte Glastafel eingeschoben, auf welcher der nicht an den Bäuschen anliegende Muskelbauch lag. Stets wurde der Strom von der Aussenfläche des Muskels abgeleitet.

Das Uebrige ergeben die beispielsweise mitgetheilten Versuchsprotokolle. Stets wurde der mit Milchsäure injicirte Muskel zuerst geprüft, um etwaige Zeiteinflüsse zu eliminiren.

## Versuche I.

### Einfluss der Milchsäure-Injection auf den Strom der längsgefaserten Muskeln — M. sartorius — zwischen künstlichem und natürlichem Längsschnitt.

#### Nr. 1.

a. Frischer M. sartorius.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 74° constante Ablenkung.
b. M. sartorius desselben Thieres mit Milchsäure injicirt, reactionslos.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 0° „ „

#### Nr. 2.

a. M. sartorius mit Milchsäure injicirt, reactionslos.
1. Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . 4° constante Ablenkung.
2. Am halben Multiplicator ohne Nebenschliessung 57° „ „
b. M. sartorius desselben Thieres frisch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 76° „ „

Nr. 3.

a. M. sartorius mit Milchsäure injicirt, reactionslos.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 8° constante Ablenkung.
Am halben Multiplicator ohne Nebenschliessung . 65° „ „
b. M. sartorius desselben Thieres frisch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 75° „ „

Nr. 4.

a. M. sartorius mit Milchsäure injicirt, reactionslos.
Am ganzen Multiplicator ohne Nebenschliessung
— 32000 Windungen — . . . . . 0° constante Ablenkung.
b. M. sartorius desselben Thieres frisch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 80° „ „

Nr. 5.

a. M. sartorius mit Milchsäure injicirt, reactionslos.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 5° constante Ablenkung.
Am ganzen Multiplicator ohne Nebenschliessung . 45° „ „
b. M. sartorius desselben Thieres frisch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 76° „ „

Nr. 6.

a. M. sartorius mit Milchsäure injicirt, zuckt noch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 58° constante Ablenkung.
b. M. sartorius desselben Thieres frisch.
Am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . 77° „ „

Diese Versuche setzen ausser allen Zweifel, dass wir es bei der Einwirkung der ermüdenden Stoffe — **Milchsäure** — wirklich mit einem Verschwinden der elektromotorischen Wirkungen des Muskels zu thun haben.

Auffallend ist es, dass in keinem der angestellten Versuche, deren ich noch eine Reihe mittheilen könnte, eine Stromumkehr beobachtet wurde, wie sie sich doch bei den Versuchen am Gastrocnemius so deutlich gezeigt hatte.

Es muss uns diese Beobachtung den Verdacht erwecken, dass wir es dort vielleicht doch mit Versuchsbedingungen zu thun hatten, die von parelektronomischen Wirkungen des natürlichen Querschnittes nicht ganz frei gewesen sind. Wir werden diess sogleich zu prüfen haben.

Wir gehen, nachdem es uns gelungen ist, die Schwächung oder besser gesagt Vernichtung der elektromotorischen Wirkungen der Muskeln durch die Anwesenheit der Milchsäure in ihnen auch an längsgefaserten Muskeln am künstlichen Querschnitt und natürlichen Längs-

schnitt nachzuweisen, zu den uns noch restirenden Untersuchungen über, welche uns über das Verhalten der parelektronomischen Schichte am natürlichen Querschnitt des Gastrocnemius direct Aufklärung verschaffen sollen. Wir erinnern uns, dass wir die äusserliche Anwendung der Milchsäure auf den natürlichen Querschnitt zuerst einer Prüfung auf ihre Erfolge auf den Muskelstrom zu unterwerfen haben.

Die Prüfung auf das parelektronomische Verhalten des natürlichen Gastrocnemiusquerschnittes wurde selbstverständlich nach der von E. du Bois-Reymond als die zweckmässigste empfohlenen Methode gemacht[1]). Der in die Muskelklemme eingezogene Gastrocnemius lag fest auf den Thonprismen. Es wurde zuerst sein Strom bei dem Bestehen der elektronomischen Schicht beobachtet. Diese Beobachtung wird durch Anwendung der Thonprismen sehr erleichtert, da sie durchaus keinen entwickelnden Einfluss besitzen. Während der Gastrocnemius den Kreis des Multiplicators schloss, wurde auf den natürlichen Querschnitt die concentrirte Milchsäure aufgepinselt.

Es scheint am zweckmässigsten sogleich dieser Besprechung der Methode einige Versuchsbeispiele folgen zu lassen. Der Multiplicator wurde nicht nur in halber Länge und mit der schon besprochenen Nebenschliessung angewendet. Die parelektronomische Schicht am natürlichen Querschnitt war so stark entwickelt, dass diese Schwächung des Multiplicators für die Versuche genügte.

## Versuche II.

### Zerstörung der parelektronomischen Schichte am natürlichen Querschnitt des Gastrocnemius durch Milchsäure.

#### Nr. 1.

Mittelgrosser Frosch, männlich.

Gastrocnemius a.

Frisch bei halbem Multiplicator und Nebenschliessung . 4° posit. const. Ablenk.

Der Muskel wurde, während er den Multiplicatorkreis schloss, auf dem natürlichen Querschnitt mit concentrirter Milchsäure bestrichen.

Die Multiplicatornadel kommt in geringe negative Schwankungen, dann geht sie langsam bis an die positive Hemmung.

Später . . . . . 62° „ „ „

1) Thierische Elektricität. Bd. II. Abth. 2. S. 54 ff.

Gastrocnemius b.

Frisch bei halbem Multiplicator etc. . . . . 5° posit. const. Ablenk.

Auf dem natürlichen Querschnitt mit Milchsäure bestrichen.

Die Nadel schwankt anfänglich, dann geht sie wie oben langsam an die positive Hemmung.

Später . . . . . 52° „ „ „

## Nr. 2.

### Mittelgrosser Frosch, männlich.

Gastrocnemius a.

Frisch bei halbem Multiplicator etc. . . . . 2° posit. const. Ablenk.

Es wurde mit einem Pinsel Milchsäure auf den natürlichen Querschnitt aufgestrichen. Kleiner negativer Ausschlag der Nadel, dann geht sie langsam zur positiven Hemmung.

Später . . . . . 60° „ „ „

Gastrocnemius b.

Frisch bei halbem Multiplicator etc. . . . . 4° „ „ „

Nach dem Aufpinseln der Milchsäure auf den natürlichen Querschnitt geht die Nadel langsam an die positive Hemmung.

Später . . . . . 50° „ „ „

## Nr. 3.

### Mittelgrosser Frosch, weiblich.

Gastrocnemius a.

Frisch am halben Multiplicator etc. . . . . 10° posit. const. Ablenk.

Nach dem Bestreichen des natürlichen Querschnitts mit Milchsäure ging die Nadel langsam an die positive Hemmung.

Später . . . . . 70° „ „ „

Gastrocnemius b.

Frisch bei halbem Multiplicator etc. . . . . 10° „ „ „

Nach Zerstörung der parelektronomischen Schicht am natürlichen Querschnitt ging zuerst die Nadel langsam an die positive Hemmung.

Später . . . . . 74° „ „ „

---

Es scheint mir unnöthig diese Beispiele noch zu häufen. Wir haben an den sechs Beispielen genug, um zu erkennen, dass die Milchsäure nicht etwa, wie wir gefürchtet hatten, eine entgegengesetzte sondern absolut die gleiche Einwirkung auf die parelektronomische Schicht erkennen lasse, wie dies von E. du Bois-Reymond für einige andere organische Säuren beobachtet wurde. Der genannte Forscher lehrt

a. a. O. S. 56, dass nicht nur organische Säuren, wie: Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure sondern auch organische Säuren: Oxalsäure und Essigsäure die parelektronomische Schichte des natürlichen Querschnittes zerstören und dadurch den normalen Musstrom hervortreten machen.

Zu diesen organischen Säuern fügen meine Versuche noch die Milchsäure hinzu.

Es scheint mir diese Beobachtung zugleich eine ältere Bemerkung E. du Bois-Reymond's zu erklären.

A. a. O. S. 84 ff. werden Versuche beschrieben, in denen durch Anlegen eines künstlichen Querschnittes eines Muskels an den natürlichen Querschnitt eines Gastrocnemius nach Verlaufe von einiger Zeit die parelektronomische Schicht zerstört wurde: »Nach einer halben Stunde gab ein Muskel, der ursprünglich etwa + 10° zeigte + 80° Ausschlag«.

Es wird dort die Ansicht ausgesprochen, dass anzunehmen sei, dass eine stromentwickelnde »Flüssigkeit nicht im Innern des Muskels fortbestehe, sondern sich erst am künstlichen Querschnitt in Folge seiner Herstellung und im Laufe der Zeit bilde. Nichts war leichter, als durch den Versuch hierüber ins Klare zu kommen.«

»Von zwei parelektronomischen Gastrocnemien lehnte ich — du Bois-Reymond — den minder parelektronomischen A, der also ursprünglich den grösseren positiven Ausschlag gab, mit seinem natürlichen Querschnitt gegen einen ganz frischen künstlichen Querschnitt, den anderen B gegen einen solchen, der schon seit längerer Zeit hergestellt war. Als ich nach etwa einer Viertelstunde beide Muskeln abermals prüfte, fand ich den Strom von A nur wenig in der Entwickelung vorgeschritten; hingegen der von B war nach dieser kurzen Zeit bereits so hoch entwickelt, wie nur sonst nach längster Frist der Strom eines Muskels, dessen natürlicher Querschnitt einem frischen künstlichen angelegt ist. Es hatte demnach selbstredend der ursprünglich schwächere Strom von B den von A weit hinter sich gelassen in der Entwickelung.«

»Ein alter künstlicher Querschnitt entwickelt also sehr viel stärker als ein frischer, und es kann somit kein Zweifel sein, dass die entwickelnde Flüssigkeit am künstlichen Querschnitt sich erst im Lauf der Zeit bilde etc. etc.«

Es scheint mir sehr wahrscheinlich, dass wir hier vor Allem an eine Wirkung der im Muskel wie bekannt vom Querschnitt aus am raschesten sich bildenden Säuerung der Muskelflüssigkeit, also an eine Wirkung der Milchsäure zum Behufe der Erklärung denken müssen, die wir ja als eine stromentwickelnde Flüssigkeit erkannt haben. Freilich sind andere mit concurrirende Momente bei der erfolgenden Stromentwickelung dann nicht ausgeschlossen. —

Verlassen wir damit diese Reihe von Beobachtungen und wenden uns nun der Frage zu, ob etwa auch die Milchsäure-Injectionen in den Muskel eine nachweisbare Beeinflussung der Parelektronomie des natürlichen Querschnittes erkennen lassen. Die Parelektronomie gehört unter die Lebenseigenschaften des Froschmuskels so gut wie die regelmässigen Ströme zwischen künstlichem Querschnitt und Längsschnitt der längsgefaserten Muskeln. Sie verschwindet mit dem Absterben des Muskels wie jene, und da wir die Meinung vertreten, dass das Verschwinden der gesammten Elektricitäts-Entwickelung des Muskels bei dem Absterben auf einer Anhäufung der ermüdenden Stoffe: Milchsäure vor allen anderen, beruht, so haben wir allen Grund, auch eine Einwirkung der Einspritzung der Milchsäure in den Muskel auf die Parelektronomie des Muskels zu erwarten. —

Der Modus der Anstellung dieser Versuche ergibt sich nach unseren bisherigen Beobachtungen sehr einfach.

Ein Unterschenkel wurde ohne Blutung abgeschnitten und unter einer feuchten Glocke in seiner Haut aufbewahrt. Dem operirten Frosche wurden sodann in gewöhnlicher Weise Milchsäure-Injectionen (20 gtt. auf 100 CC. Kochsalzlösung von 0,7 % wie bei allen Milchsäure-Injectionen) gemacht. Waren die Muskeln annähernd reactionslos geworden, so wurde der zweite Gastrocnemius präparirt und auf sein elektromotorisches Verhalten geprüft; sodann sein natürlicher Querschnitt nach du Bois-Reymond's Vorgang mit Kreosot bestrichen, um die parelektronomische Schichte zu zerstören. Waren die hiebei sich ergebenden Verhältnisse beobachtet, so wurde der erstabgeschnittene, frische Gastrocnemius ebenfalls ganz in derselben Weise der Prüfung unterzogen. Die Stromableitung war die schon bisher angewendete, ebenso waren alle anderen Versuchsbedingungen den bisher beschriebenen gleich.

Gehen wir sogleich zur Darlegung einiger Versuchsbeispiele.

## Versuche III.

## Einwirkung der Milchsäure-Injection in den Muskel auf die parelektronomische Schichte des natürlichen Querschnittes.

### Nr. 1.

Gastrocnemius a.

Der mit Milchsäure injicirte Muskel am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . . . . — 3° constante Ablenkung.

Nach der Zerstörung der parelektronomischen Schichte am natürlichen Querschnitt mit Kreosot . . . . + 10° „ „

Gastrocnemius b.

Frischer Muskel am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . . . . 0° „ „

Nach der Zerstörung der parel. Schicht mit Kreosot. + 60° „ „

### Nr. 2.

Gastrocnemius a.

Mit Milchsäure injicirt am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . . . . 0° constante Ablenkung.

Am ganzen (Nerven-) Multiplicator . . . . . — 4° „ „

Nach Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot am Nervenmultiplicator . . . . . — 4°! „ „

Gastrocnemius b.

Frisch am halben Multiplicator mit Nebenschliessung + 5° „ „

Nach Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot am halben Multiplicator mit Nebenschliessung. . + 70° „ „

### Nr. 3.

Gastrocnemius a.

Mit Milchsäure injicirt am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . . . . — 10° constante Ablenkung.

Nach Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot, Multiplicator wie oben . . . . . + 2° zu 0° „ „

Am Nervenmultiplicator . . . . . + 6° Ausschlag.

Es wurde beobachtet, dass der Nervenstrom noch spurweise regelmässig vorhanden war. Er ergab am Nervenmultiplicator . . . . . + 15° „

Gastrocnemius b.

Frisch am halben Multiplicator mit Nebenschliessung + 44° constante Ablenkung.

Nach der Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot, der Multiplicator wie oben . . . . . + 78° „ „

### Nr. 4.

Gastrocnemius a.

Mit Milchsäure injicirt am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . . . . — 29° constante Ablenkung.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Nach der Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot, Multiplicator wie oben . . . . . | 0° | constante Ablenkung. | |
| Am Nervenmultiplicator . . . . . | − 3° | „ | „ |
| Gastrocnemius b. | | | |
| Frisch am halben Multiplicator mit Nebenschliessung | + 12° | „ | „ |
| Nach Zerstörung der parelektr. Schicht mit Kreosot am halben Multiplicator mit Nebenschliessung . . | + 70° | „ | „ |

Die hier beispielsweise mitgetheilten Versuche zeigen sehr deutlich, dass wir uns in unserer Voraussetzung, dass die Milchsäureinjectionen in den Muskel von vernichtendem Einfluss auf die Parelektronomie des natürlichen Querschnittes sein würden, nicht getäuscht haben; dass wir hier also wirklich künstlich das Verschwinden der Parelektronomie der Muskeln, wie es bei dem mit Milchsäureanhäufung im Muskel verbundenen Absterben desselben eintritt, hervorzubringen im Stande waren. Am besten zeigen diess die Versuche Nr. 1 und Nr. 2.

Die vorstehenden Versuche zeigen aber noch etwas Anderes kaum weniger Wichtiges. Sie liefern nämlich den Beweis, dass das parelektronomische Verhalten der Muskeln am natürlichen Querschnitt, obwohl es durch die vernichtenden Einflüsse für die gesetzmässige Elektricitäts-Entwickelung der Muskeln ebenfalls vernichtet werden kann, doch eine grössere Widerstandskraft als jenes den vernichtenden Einflüssen gegenüber besitzt. Wir sehen die ungesetzmässige elektromotorische Wirksamkeit des natürlichen Querschnittes noch fortbestehen, während der Versuch beweist, dass das normale elektromotorische Verhalten des Muskels schon vollkommen oder wenigstens nahezu verschwunden ist, Versuche Nr. 3 und Nr. 4. — Nach einer brieflichen Mittheilung des Herrn Professor E. du Bois-Reymond kann man sich die Umkehr des Stromes des Gastrocnemius, welche öfter durch die Milchsäureinjection bewirkt wird, vielleicht so vorstellen, als gelange die Säure nur langsam und unvollständig zur Wirkung auf die äussersten Molekeln der Bündel, von denen die parelektronomischen Effecte ausgehen; in der That sind diese Molekeln der Wirkung des Blutes doch nur von einer Seite preisgegeben.

Die beiden obengenannten Versuchsbeispiele lassen, wie es scheint, die parelektronomische Wirkung rein hervortreten, da sich die Nadelablenkung am Multiplicator, die am frischen Muskel eine noch schwach positive war, nach der Milchsäureinjection in eine negative verwandelt hatte die ihren Grund einzig und allein der Parelektro-

nomie des Muskels verdankte, da sie ja auf Bestreichen des natürlichen Querschnittes mit der den gesetzmässigen Strom entwickelnden Flüssigkeit — Kreosot — verschwand, ohne dass dadurch ein irgend erheblicher Strom im regulären Sinne sich gezeigt hätte.

Diese Beobachtung räth uns zur äussersten Vorsicht bei Beurtheilung von Beobachtungen, wie wir sie schon früher gemacht haben, in denen sich der Strom des Gastrocnemius durch irgend eine Ursache z. B. Milchsäure- oder Kreatininjection negativ geworden zeigt. Man darf diess durchaus nicht auf ein Negativwerden des gesetzmässigen Muskelstromes direct und ohne Einschränkung beziehen, wie wir dazu die Neigung bei unseren ersten Versuchen über die Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf den Muskelstrom besassen.

Unter den Versuchen mit Milchsäure ist Nr. 3 der einzige gewesen während der Versuche im Sommer, an welchem ein Negativwerden des Stromes durch die Milchsäureinjection beobachtet wurde. Nachdem der Gastrocnemius quer durchschnitten war, zeigte sich der Strom desselben von diesem so zu sagen »künstlichen« Querschnitte aus noch schwach positiv zum Beweise, das wir es auch dort mit Wirkungen der freilich sehr schwach entwickelten parelektronomischen Schichte am natürlichen Querschnitte zu thun hatten, die noch fortbestand als der normale Muskelstrom schon fast vollständig vernichtet war. Es gibt uns dieser Versuch gleichzeitig einen Einblick in die Stärke der Entwickelung der parelektronomischen Schichte an den Muskeln, an welchen während des Sommers experimentirt wurde ohne nähere Berücksichtigung dieser wichtigen Quelle von Fehlern und Täuschungen. Wir sehen wie schwach sie entwickelt gewesen sein müsse, da der Ausschlag, nicht etwa die constante Ablenkung der Multiplicatornadel im höchsten Falle — 15° betrug! bei dem Kreatinversuch Nr. 2, der unter den Versuchen sich findet, die zum Beweise der Rückkehr des durch Kreatineinspritzung verschwundenen Stromes durch nachträgliches Auswaschen mit Kochsalzlösung von 0,7% angestellt wurden, beträgt der Nadelausschlag — 30°.

Im Gegensatz zu diesen Versuchen, die eine sehr geringe Entwikkelung der parelektronomischen Schicht auch in diesen extremsten Fällen, die beobachtet wurden, zeigen, ergab sich unter den gleichen Umständen im Winter bei dem letztmitgetheilten Versuch Nr. 4 eine constante Ablenkung von — 29° ein Ausschlag von — 67°!

So gibt uns auch diese Betrachtung die Gewissheit, dass wir in den ersten Versuchen im Sommer sehr schwach parelektronomisch wirksame Muskeln vor uns gehabt haben, ein Beweis, der uns freilich jetzt, da wir wissen, dass das parelektronomische Verhalten der Muskeln unsere Versuche in keiner Weise anders als höchstens in dem Vortäuschen einer negativen Wirksamkeit derselben beeinflusst haben könnte, weniger mehr interessirt als zu der Zeit, da wir fürchteten, dass vielleicht die ganze beobachtete Veränderung in der elektronomischen Kraft der Muskeln unter dem Einflusse der Injection der ermüdenden Stoffe auf versteckten Wirkungen unerkannter Parelektronomie beruhen könnte.

Wir haben, wie wir uns erinnern, in diesem Paragraphen anfänglich aus dem Verhalten des künstlichen Querschnittes gegen den natürlichen Längsschnitt am M. sartorius schon die Vermuthung geschöpft, dass das Negativwerden des Muskelstromes unter dem Einflusse der ermüdenden Stoffe vielleicht einzig und allein auf dem Wirksamwerden der parelektronomischen Schicht beruhen könnte, da es uns nicht gelang, dieses Negativwerden auch bei dem Strome zwischen künstlichem Querschnitt und natürlichem Längsschnitt zu beobachten. Die letztmitgetheilten Versuche scheinen aber trotzdem, dass sie bestätigen, dass jedenfalls der grösste Theil dieses Negativwerdens nur Wirkung der Parelektronomie sei, doch auch die Meinung zu rechtfertigen, dass der Muskelstrom selbst negativ, wenn auch immer schwach, wirksam werden könnte. In den Versuchen Nr. 2 und Nr. 4 sehen wir nach der Zerstörung der parelektronomischen Schicht — in Nr. 2 war sie schon vollständig durch die Milchsäure-Injection zerstört — noch eine spurweise negative Wirkung des injicirten Muskels. Diess scheint mir mit Sicherheit dafür zu sprechen, dass wir wirklich bei extremen Fällen einer wahren Umkehr des Muskelstromes begegnen können. —

Es wurden auch Versuche angestellt, in denen die parelektronomische Schicht, so weit sie noch vorhanden war nach der Injection verdünnter Milchsäure, durch Bestreichen des natürlichen Querschnittes am Gastrocnemius mit concentrirter Milchsäure zerstört wurde, sie zeigte sich hiebei noch ebenso wirksam wie an frischen Muskeln, was zu erwarten war.

Der eine Gastrocnemius hatte frisch + 2° Ablenkung gegeben, nach dem Bestreichen des Querschnittes mit Milchsäure + 44°.

Der andere mit Milchsäure injicirte Gastrocnemius ergab Anfangs

0° Ausschlag und Ablenkung, nach dem Bestreichen des natürlichen Querschnittes mit Milchsäure + 8°. Bestreichen mit concentrirter Kalilauge verstärkte den Strom nicht weiter, die Ablenkung blieb + 8°. Es ist diess der einzige angestellte directe Versuch zum Beweis, dass die Milchsäure die parelektronomische Schicht vollkommen zu zerstören vermag, was freilich auch die anderen, besonders die Versuche mit Milchsäure-Injection ebenfalls beweisen.

Das Verhalten des Nerven gegenüber den ermüdenden Stoffen habe ich principiell vorerst aus dem Kreis meiner Betrachtungen ausgeschlossen; wo ich Beobachtungen darüber gemacht habe, bin ich durch Zufall beinahe, wenigstens ganz beiläufig darauf geführt worden, da ich beabsichtige, in einer folgenden Untersuchung mein besonderes Augenmerk auf die dort auftretenden Verhältnisse zu richten.

Trotzdem habe ich zwei Beobachtungen über das Verhalten des Nervenstromes unter der Einwirkung der ermüdenden Stoffe zur vorläufigen Orientirung gemacht.

Die Nerven zeigten stets ein etwas verändertes Aussehen nach der Milchsäure-Einspritzung. Die regelmässige »Bänderung« war wenig sichtbar und sie schienen etwas weniger biegsam, steifer geworden. Nichtsdestoweniger zeigten sie in beiden Beobachtungen noch einen regulären Strom. Im einen Fall — Nr. 3 oben — war er freilich nur gering + 15° — + 20° Ausschlag am Nervenmultiplicator, im anderen Falle aber war in einem Versuche, den ich bisher noch nicht mitgetheilt habe, die constante Ablenkung von dem mit Milchsäure injicirten parelektronomischen Gastrocnemius — 42° gewesen, die sich nach der Zerstörung der parelektronomischen Schicht bis auf — 4° gemindert hatte, hingegen trotz dieses extremen Veränderungszustandes des Muskelstromes noch der Nervenstrom nicht nur in regelmässiger Weise vorhanden, sondern er führte die Nadel des Nervenmultiplicators noch beinahe gegen die Hemmung!

Es scheint mir diese Beobachtung, obwohl sie freilich noch sehr der Bestätigung bedarf, darauf hinzudeuten, dass der Nervenstrom analog dem Verhalten der Nervenerregbarkeit — cfr. Capitel XV — sich verschieden verhalte von dem Muskelstrom in Beziehung auf seine Reaction gegen die ermüdenden Stoffe speciell die Milchsäure. —

Damit beschliesse ich die Darstellung der Experimentalresultate über die Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf die elektromo-

torische Kraft der Muskeln. Es wird uns später noch obliegen, auch die Wirkung der anderen von uns bisher neben den ermüdenden Stoffen betrachteten chemischen Körper auf den Muskelstrom zu untersuchen. Vorläufig sehen wir davon ab und wenden uns vorerst zur theoretischen Betrachtung der gewonnenen Resultate. —

Es wurde im Anfange dieser Betrachtungen über das Verhalten des Muskelstromes die Meinung ausgesprochen, dass den von E. du Bois-Reymond entdeckten elektromotorischen Molecülen des Muskels complicirt gebaute »chemische Molecüle« entsprechen möchten, auf deren eigenthümlicher Stoffanordnung die normale Elektricitäts-Entwickelung des lebenden Muskels beruhe.

Es wurde schon dort hervorgehoben, dass wir bei dem Standpunct unserer jetzigen Kenntnisse Nichts über den näheren Bau solcher »chemischer Molecüle« auszusagen im Stande wären, wir vermögen nicht einmal eine Hypothese darüber aufzustellen. Nur so viel steht fest, dass dieselben eine analoge Gliederung in ihrer Constitution besitzen müssen, wie diess für die elektrischen Molecüle so sicher nachgewiesen worden ist.

Wir können nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse eine Einwirkung auf ihre Zusammensetzung nur dadurch versuchen, dass wir den Gesammtchemismus des Muskels verändern, wie wir diess durch die künstliche Imprägnirung der Muskeln mit den ermüdenden Stoffen gethan haben.

Wir haben gefunden, dass mit der Anwesenheit der genannten Stoffe im Muskelinnern sich die Wirkung der elektrischen Molecüle nach Aussen wesentlich geschwächt zeige; dass sie nicht ganz vernichtet, sondern nur latent geworden sei, zeigt der Gegenversuch, dass wir durch Entfernung dieser Stoffe aus dem Muskel sein normales elektromotorisches Verhalten in alter Stärke wieder hervortreten lassen können.

Es leuchtet Jedem, der dem Gang der Untersuchungen bisher gefolgt ist, sogleich ein, in welch innige Beziehung diese Beobachtung auf die ungezwungenste Weise mit den Thatsachen über das Verhalten des Muskelstromes unter den veränderten physiologischen Bedingungen — Ruhe, Tetanus, Todtenstarre — zu setzen sei, welches von E. du Bois-Reymond in so glänzender Weise eruirt worden ist, wenn wir gleichzeitig die Entdeckung desselben Forschers über das Sauerwerden der Muskeln bei dem Tetanus, über die neutrale Reaction der

Muskeln während der Ruhe im Leben, und das Auftreten der Säure bei dem Absterben der Muskeln bedenken, vereinigt mit den gleich wichtigen Beobachtungen über die Vermehrung des Kreatin's bei der Muskelaction von J. von Licbig und Sarokow.

Es ergibt sich aus diesem Zusammenhalt, dass der Muskelstrom am stärksten sei, wenn keine freie Milchsäure im Muskel sich vorfindet, also in der Ruhe, wo auch der Kreatingehalt des Muskels am geringsten sich zeigt.

Dann weiter, dass der Muskelstrom verschwinde, wenn eine vollständige Säuerung der Muskelflüssigkeit, wie bei dem vollkommenen Absterben, eingetreten ist, und drittens:

Dass im Tetanus, der mit Milchsäureproduction im geringeren Maasse als das Absterben des Muskels verbunden ist und gleichzeitig mit einer Anhäufung von Kreatin, der nach aussen ableitbare Stromarm des wahren Muskelstromes sich sehr geschwächt zeige.

Alle diese drei Modificationen in dem Verhalten des Muskelstromes liessen sich voraussagen nach unseren künstlichen Imprägnirungsversuchen der Muskeln mit denselben genannten, ermüdenden Stoffen.

Auch das Verschwinden der Wirkung des Tetanus mit dem Nachlassen desselben lässt sich einfach mit dieser Annahme vereinigen, da wir ja wissen, dass der Muskel in sich die Bedingungen enthält, die ermüdenden Stoffe in ihrer Wirkung sehr rasch zu beschränken, ja bis zu einem gewissen Grad dieselbe wieder vollkommen verschwinden zu machen, theils durch Neutralisirung durch Lymphe und Blut und Wegschaffung der Säure, theils durch Verwandlung des ermüdenden Kreatin's in für den Muskel fast ganz indifferentes Kreatinin, das sich sicher auch mit an der Neutralisirung des Muskelsaftes betheiligt. Schliesslich, nach lange fortgesetztem Tetanus, sehen wir aber die Säure im Muskelsaft constant werden und auch eine definitive Vermehrung des Kreatin's. Der Effect, den diese Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Muskels durch fortgesetzten Tetanus besitzen muss, kann nach unseren Beobachtungen kein anderer sein, als dass der Muskelstrom eine Schwächung, vielleicht seine gänzliche Vernichtung erleidet. Diese Annahme findet sich durch die Beobachtungen E. du Bois-Reymond's über die Nachwirkung des Tetanus auf den Muskelstrom vollkommen bestätigt.

A. a. O. S. 157 wird über diese Nachwirkungen auf den Muskel-

strom, der vom natürlichen Längsschnitt und künstlichen Querschnitt aus abgeleitet wurde, um einem Verdacht der Wirkung der parelektronomischen Schicht zu entgehen, gehandelt. Es heisst dort wörtlich:

— — »Die Muskeln (wurden) nicht von den Nerven aus, sondern unmittelbar durch den Strom bis zur Erschöpfung tetanisirt. Der Muskelstrom erscheint dann ausserordentlich geschwächt, wie es denn durch fortgesetztes Tetanisiren gelingt, ihn gänzlich zu vernichten. Untersucht man aber die Muskeln vom Augenblick ab, wo der Tetanus aufhörte, in regelmässigen Zeiträumen, so findet man, dass der Strom erst zunimmt, um sich dann erst wieder dauernd zu senken; eine Erscheinung, die nur auf die Nachwirkung gedeutet werden kann. — — Die oben S. 155 (a. a. O.) erwähnte Frage nach der wahren Bedeutung der Nachwirkung, ob sie beruhe auf einer Verminderung der elektromotorischen Kraft des Muskels mit Ausschluss der parelektronomischen Schicht, oder auf einer vorübergehenden Erhöhung der Kraft dieser Schicht allein, ist somit zu Gunsten der ersten Ansicht zu entscheiden. Die Nachwirkung ist die stetige schwache Fortsetzung der flüchtigen negativen Schwankung, die die Zusammenziehung begleitet.«

Diese Beschreibung der Nachwirkung des Tetanus auf den Muskelstrom ist vollkommen so, wie wir sie nach unserer Annahme erwarten mussten. Das Wiederanschwellen der Stromstärke bezieht sich auf das Wirksamwerden der besprochenen, wiederherstellenden Momente im Muskel, die aber, wenn einmal die chemischen Veränderungen im Muskel einen höheren Grad durch den fortgesetzten Tetanus erreicht haben, nicht mehr ausreichen, um alle Wirkungen einer solchen wieder verschwinden zu machen. —

So scheinen sich also unsere Beobachtungen über den Einfluss der ermüdenden Stoffe in eine leichte ungezwungene Vereinigung mit den bisher bekannten Thatsachen bringen zu lassen, dieselben finden durch sie eine wenigstens theilweise Erklärung.

Das eben gebrauchte Wort »Erklärung« wünsche ich aber nicht missverstanden zu sehen. Ich behaupte nochmals, wie ich es schon bisher gethan habe, dass wir durch meine Beobachtungen nicht im Stande sind, irgend einen anderweitigen Einblick in die inneren Gründe der Elektricitätsentwickelung des Muskels und ihre von du Bois-Reymond entdeckten Gesetze zu thun als den, dass diese zu ihrem Zustan-

dekommen eine Intactheit der normalen chemischen Zusammensetzung des Muskels erheischen; dass eine wesentliche Veränderung in jener, auch diese wesentlichste aller Lebenseigenschaften des Muskels vernichtet oder wenigstens herabsetzt.

Ein Einblick in die Zusammensetzung der von mir supponirten mit den elektrischen Molecülen du Bois-Reymond's identischen chemischen Molecüle des Muskels ist dadurch noch in keiner Weise gewonnen. Die Identität in den Wirkungen einer so starken Säure wie die Milchsäure und des Kreatin's, das sich, da es ja in das stark basische Kreatinin so leicht übergehen kann, direct an die basischen Körper anschliesst, zeigt, wie sehr wir uns hüten müssen, auf eine, ich möchte fast sagen, rohe Weise chemisch uns das Zustandekommen und und Verschwinden des elektrischen Muskelstromes zu erklären. Die folgenden weiteren Beobachtungen werden dafür noch eine Reihe anderer Anhaltepuncte bringen.

Die du Bois-Reymond'sche Molecularhypothese ist die einzige Richtschnur, die wir für die Beurtheilung der elektromotorischen Wirkungen des Muskels besitzen. Meine Beobachtungen zeigen aber, wie innig die normale Anordnung der elektrischen Molecüle mit der normalen chemischen Stoffanordnung des Muskels verknüpft ist. —

An dieser Stelle darf ich nicht versäumen, einen Einwand noch zu besprechen, welcher gegen meine Deutung der Wirkungsweise der ermüdenden Stoffe auf den Muskelstrom gemacht werden könnte.

Meine Versuche über die Wirkung der Einspritzung von Substanzen in den Muskel auf dessen elektromotorisches Verhalten sind nicht die ersten, welche in dieser Richtung angestellt wurden. Die Priorität des Gedankens gehört E. du Bois-Reymond. De Fibrae muscularis Reactione etc. S. 42. 43. beschreibt der genannte Forscher Zuckerwasseraussprizungen des Muskels und die dabei gemachte Beobachtung, dass die Zuckermuskeln etwas stärker elektromotorisch wirken als nicht ausgespritzte: vielleicht, weil das Zuckerwasser in Bezug auf die elektromotorischen Molekeln eine Nebenschliessung von geringerem Widerstande darstellt als das Blut!

Man könnte vielleicht daran denken, dass ich analogen Wirkungen, vielleicht nur entgegengesetzten, ohne sie zu erkennen, in meinen Versuchen begegnet wäre. Es scheint mir dies nicht der Fall zu sein.

[redacted] lehren S. 35—46 nicht nur, dass der Muskelwi-

derstand, der Widerstand der Muskelflüssigkeit durch das Absterben des Muskels bis auf $^1/_8$ des anfänglichen Werthes abnimmt, sondern auch dass diese Abnahme des Widerstandes auf dem Sauerwerden des Muskelsaftes vorzüglich beruhe. Sie zeigen weiter, dass ein minimaler Milchsäurezusatz zu der 0,5 % der 0,7 % Kochsalzlösung schon hinreicht, ihren Widerstand bedeutend herabzusetzen.

Diese Beobachtungen scheinen schon allein im Stande zu sein, zu beweisen, dass die Wirkung der Milchsäure nicht etwa auf einer Vermehrung des Widerstandes der Nebenschliessung zu den elektromotorischen Molekeln im Muskel beruhen könne. In einer Zeit, in welcher der Widerstand der Muskelflüssigkeit weit geringer ist, als zur Zeit der höchsten Leistungsfähigkeit — während der Todtenstarre und während des Zustandes der Contraction des Muskels — zeigt sich die elektromotorische Wirkung des Muskels in hohem Grade vermindert. Der Widerstand der Nebenschliessung zu den elektrischen Molekeln hat hier demnach abgenommen und doch zeigt sich der durch jene abgeleitete Stromarm geringer an Intensität. Es scheint mir keine Frage zu sein, dass diese Wirkung darauf beruht, dass die Erfolge der Verminderung der Widerstände in der Nebenschliessung nicht nur auf-, sondern überwogen werden im betreffenden Falle durch die Schwächung der elektromotorischen Kraft des Muskels selbst, welche unter den genannten Umständen eintritt.

Der directe Versuch beweist nicht nur die Möglichkeit, sondern die Wirklichkeit dieser Annahme. Die Einspritzung von Kochsalzlösung von 0,7 % oder 0,5 % hat keine schwächende, sondern in manchen Fällen analog der Zuckereinspritzung eine stärkende Wirkung auf den elektrischen Muskelstrom. Fügt man dieser selben Kochsalzlösung eine geringe Menge von Milchsäure zu: durch welche — cfr. S. 40 f. — der Widerstand der Kochsalzlösung abnimmt, so wirkt sie nicht mehr indifferent oder stärkend, sondern schwächend, ja vernichtend auf den Muskelstrom ein.

Die Wirkung der Milchsäure, natürlich ebenso des Kreatin's und der anderen wirksamen Stoffe: Gallensaures Natron und Kalisalze, die ja alle das Leitungsvermögen der Kochsalzlösung nicht herabsetzten, sondern besserten, beruht nicht auf einer Veränderung des Widerstandes in der Nebenschliessung zu den elektrischen Molekeln des Muskels. Man müsste, um daran zu denken, annehmen,

dass gleichsinnige Veränderungen in dem Leitungswiderstande Wirkungen in verschiedenem Sinne hervorbringen könnten.

Es scheint noch wünschenswerth, um alle Zweifel zu heben, directe Zahlenangaben über den Leitungswiderstand des Blutes, verglichen mit dem der eingespritzten Flüssigkeiten, machen zu können. Ich habe einige Versuche darüber gemacht, ganz in der S. 39 ff. beschriebenen Weise, die sich leicht zu einer quantitativen Messungsmethode umwandeln lässt. Die Röhrchen wurden dazu kalibrirt, der Widerstand der Thonpfröpfe jedesmal direct bestimmt.

In folgender Tabelle stelle ich die von mir gewonnenen absoluten Zahlenangaben über Leitungswiderstände zusammen als Nachtrag zu dem Capitel I dieser Untersuchung.

**Absolute Widerstandsbestimmung**
der Kochsalzlösung von 0,7 %.

A. Dimensionen der Messröhre:

| | |
|---|---|
| Länge = . . . . . | 37,1 MM. |
| Durchmesser = . . . . . | 11,1 „ |
| Radius = . . . . . | 5,55 „ |
| Querschnitt = . . . . . | 96,447 □MM. |

B. Directe Messungen.

Temperatur: 12° C.

Widerstand der Elektroden mit den Thonpfröpfen — cfr. S. 21 f. —:

| | | |
|---|---|---|
| 1) | Länge: a = . . . . . | 189,5 |
| 2) | „ b = . . . . . | 10,5 |

Widerstand der 0,7 % Kochsalzlösung mit den Elektroden:

| | | |
|---|---|---|
| 1) | Länge: a = . . . . . | 170,2 |
| 2) | „ b = . . . . . | 29,8 |

Daraus berechnet sich:

| | | |
|---|---|---|
| Widerstand der Elektroden = . . . . | 274,3 | Siemens'sche Einheiten |
| „ „ Lösung mit Elektroden = | 866,7 | „ „ |
| Widerstand der Lösung allein = . . . | 592,4 | „ „ |

$$\frac{0{,}0371}{96{,}45} : 592{,}42 = 1 : x$$

x = 2108400 Siemens'sche Einheiten.

Der Widerstand der 0,7 % Kochsalzlösung beträgt in runder Summe 2110000 Siemens'sche Einheiten.

## Zusammenstellung
der gefundenen
**absoluten Widerstände.**
Temperatur 12°—15° C.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **1. Frosch:** | | | |
| Muskel lebend . . . . . | 4369000 | Siemens'sche | Einheiten. |
| Muskel todt (nach 24 hor.) . . . . . | 1516000 | „ | „ |
| Blut lebend . . . . . | 4546000 | „ | „ |
| Blut todt (nach 24 hor.) . . . . . | 4091000 | „ | „ |
| **2. Kaninchen:** | | | |
| Muskel lebend . . . . . | 3150080 | „ | „ |
| Muskel todt (nach 24 hor.) . . . . . | 1680000 | „ | „ |
| Rückenmark frisch . . . . . | 3780000 | „ | „ |
| **3. 0,7 % Lösung von Chlornatrium:** | | | |
| Die reine Lösung . . . . . | 2110000 | „ | „ |
| Die Lösung mit Milchsäure (100 CC. Lösung + 20 gtt. Milchsäure) . . . . . | 1969000 | „ | „ |
| **4. Destillirtes Wasser:** | | | |
| (100 CC. + 20 gtt. Milchsäure) . . . . | 12496000 | „ | „ |

Merkwürdig ist die Beobachtung, dass der Widerstand des Blutes sich ebensowenig von dem der anderen Gewebe des thierischen Körpers unterscheidet, wie diese unter sich. Es beweist diese Beobachtung gleichzeitig, dass die nach den beiden verschiedenen angewendeten Methoden gefundenen Zahlenangaben gut vergleichbar sind.

Dann zeigt das Blut bei dem Absterben analog dem Muskel ebenfalls eine Abnahme des Leitungswiderstandes, die sich aber in weit engeren Grenzen als jene bewegt. Doch ist diess der erste Beweis dafür, dass auch das Absterben des Blutes mit einer Neubildung von gutleitenden Substanzen aus den Blutbestandtheilen verknüpft sei. Diese Beobachtung muss ebenso zum Ausgangspunct einer physiologischen Untersuchung dienen wie die analoge am Muskel. —

Hiermit verlasse ich die Beobachtungen des Einflusses der ermüdenden Substanzen auf den Muskelstrom, nachdem ich nachgewiesen habe, dass, abgesehen von allen Deutungen, eine auffallende Veränderung in seiner Erscheinungsweise am Multiplicator und zwar eine Schwächung unter der Einwirkung der **Milchsäure** und des **Kreatin's** erfolgt, Hand in Hand gehend mit der durch die gleichen Stoffe herbeigeführten Sistirung der Muskelleistungsfähigkeit. Und wei-

ter, dass die durch die ermüdenden Stoffe gesetzten Veränderungen in die Erscheinungsweise des Stromes ebenso durch Entfernen der genannten Stoffe aus dem Muskel wieder zum Verschwinden gebracht und die normalen Verhältnisse wieder hergestellt werden können, wie auf dieselbe Weise auch nach der künstlichen Ermüdung die Erholung des Muskels in Beziehung auf seine Leistungsfähigkeit zu erzielen ist.

## § 6.

### Prüfung einiger weiterer Zersetzungsproducte des Organismus auf ihre Einwirkung auf den Muskelstrom.

Es bleiben uns nun noch folgende Stoffe auf ihre Einwirkung auf den Muskelstrom zu prüfen übrig:

1) diejenigen, welche keine schwächende Wirkung auf die Leistungsfähigkeit des Muskels zeigten;

2) diejenigen, welche die Leistungsfähigkeit des Muskels definitiv vernichten.

Aus der Reihe der ersteren Stoffe wurden geprüft:

1. Harnstoff,
2. Milchzucker,
3. Rohrzucker,
4. Traubenzucker.

Es muss hervorgehoben werden, dass alle folgenden Versuche im Sommer mit denen im § 4 dieses Capitels beschriebenen angestellt wurden. Es wurde das parelektronomische Verhalten der Muskeln dabei nicht näher berücksichtigt.

Alle Prüfungen hatten den gleichen Erfolg:

Die für die Leistungsfähigkeit des Muskels indifferenten, unter Umständen diese sogar hebenden Stoffe zeigen keine vermindernde Einwirkung auf den Muskelstrom. Unter günstigen Umständen zeigen sie sogar eine schwache Erhöhung der Stromstärke[1]).

Aus der zweiten Reihe der Stoffe wurden geprüft:

---

1) Cfr. E. du Bois-Reymond, De Fibrae muscularis Reactione etc. S. 42. 43.

5. Gallensaures Natron
   (und Hundegalle),
6. Chlorkalium.

Der Erfolg dieser Versuche war, dass unter der Einwirkung dieser letztgenannten Stoffe — gallensaures Natron und Chlorkalium — der Strom nicht nur eine sehr bedeutende Schwächung, sondern fast regelmässig eine Umkehr erfährt, wobei der negative Strom unter Umständen eine sehr bedeutende Stärke erhalten kann. Bei diesen Versuchen zeigte auch meist der so zu sagen künstliche Querschnitt und natürliche Längsschnitt einen negativen Strom oft von ansehnlicher Stärke. In einigen Fällen war er jedoch, was auf ein Hervortreten der Parelektronomie deutet, noch schwach positiv, wie einige Versuchsprotokolle erweisen werden, die ich im Folgenden ohne weitere Erklärung mittheilen werde.

## Versuch Nr. I.
### Mit Harnstoff.

Der Muskel frisch am Muskelzeiger 40°. Nach der Harnstoffeinspritzung 45°.

| a. Frischer Muskel. | b. Harnstoffmuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | |
| 70° positiv. | 82° positiv. |
| 68° „ | 82° „ |
| 68° „ | 80° „ |
| 66° „ | 82° „ |
| 66° „ | 80° „ |

## Versuch Nr. II.
### Mit Milchzucker.

Frisch am Muskelzeiger 32°; nach Einspritzung von 75 CC. Milchzuckerlösung 40°; nach weiteren 75 CC. derselben Lösung 44°.

Reflexe, Athmung, Herzschlag, Spontanbewegungen bleiben.

| a. Frischer Muskel. | b. Milchzuckermuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | |
| 77° positiv. | 90° positiv. |
| 74° „ | Klebt an der |
| 73° „ | Hemmung. |
| 74° „ | |
| 72° „ | |

### Versuch Nr. III.
### Mit Rohrzucker.

Frisch am Muskelzeiger 32°; nach Einspritzung von 75 CC. Rohrzuckerlösung 45°.

Athmung, Herzschlag, Reflexe vorhanden.

| a. Frischer Muskel. | b. Rohrzuckermuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | |
| 90° positiv. Die Nadel klebt an der Hemmung. | 90° positiv. Die Nadel klebt an der Hemmung. |

### Versuch Nr. IV.
### Mit Traubenzucker.

Frisch am Muskelzeiger 34°; nach Einspritzen von 75 CC. Zuckerlösung 35°.

Athmung, Herzschlag, Reflexe, Spontanbewegungen bleiben.

| a. Frischer Muskel. | b. Traubenzuckermuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | |
| 90° positiv. Die Nadel klebt an der Hemmung. | 90° positiv. Die Nadel klebt an der Hemmung. |

### Versuch Nr. V.
### Mit gelöster Hundegalle.

| a. Frischer Muskel. | b. Gallenmuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | |
| 78° positiv. | 3° positiv. |
| 78° „ | 4° „ |
| Vom künstlichen Querschnitt: | Vom künstlichen Querschnitt: |
| 90° positiv. | 80° positiv. |

### Versuch Nr. VI.
### Mit gallensauerem Natron.

Frisch am Muskelzeiger 40°; nach Einspritzen von gallensauerem Natron 0°.

Der Frosch ganz reactionslos.

| a. Frischer Muskel. | b. Gallenmuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | Ausschlag der Nadel. |
| 78° positiv. | 0° |
| 78° „ | 0° |
| 78° „ | 0° |

| a. Frischer Muskel. | b. Gallenmuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | Ausschlag der Nadel. |
| 77° positiv. | Nach Ausschluss der Nebenschliessung: |
| 78° „ | 3° negativ. |
| Vom künstlichen Querschnitt: | 2° „ |
| 90° positiv. | 3° „ |
| | Vom »künstlichen Querschnitt«: |
| | 3°—5° positiv. |

## Versuch Nr. VII.
### Mit gallensauerem Natron.

Frisch am Muskelzeiger 41°; nach dem Einspritzen von gallensauerem Natron 0°.

Der Frosch ganz reactionslos.

| a. Frischer Muskel. | b. Gallenmuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | |
| 79° positiv. | 56° negativ. |
| 78° „ | 52° „ |
| 77° „ | 51° „ |
| 77° „ | 45° „ |
| 78° „ | 45° „ |
| Vom künstlichen Querschnitt: | Vom künstlichen Querschnitt: |
| 90° positiv. | 3° positiv. |

## Versuch Nr. VIII.
### Mit Chlorkalium.

| a. Frischer Muskel. | b. Chlorkaliummuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | |
| 90° positiv. | 62° negativ. |
| 84° „ | 62° „ |
| 86° „ | 62° „ |
| 90° „ | 63° „ |
| 86° „ | 63° „ |

Der künstliche Querschnitt des Chlorkaliummuskels ergab mit dem natürlichen Längsschnitt einen starken negativen Strom. Der frische Muskel ergab unter gleichen Umständen 90° positive Ablenkung. Auch nachdem der künstliche Querschnitt mit Chlorkaliumlösung befeuchtet war, blieb die constante Ablenkung 90° positiv.

## Versuch Nr. IX.
### Mit Chlorkalium.

| a. Frischer Muskel. | b. Chlorkaliummuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | Ausschlag der Nadel. |
| 90° positiv. | 1° positiv. |
| 90° ,, | 4° ,, |
| 88° ,, | 3° ,, |
| 88° ,, | 4° ,, |
| 88° ,, | 2° ,, |
| Vom künstlichen Querschnitt: | Vom künstlichen Querschnitt: |
| 90° positiv. | 41° negativ! |

## Versuch Nr. X.
### Mit Chlorkalium.

| a. Frischer Muskel. | b. Chlorkaliummuskel. |
|---|---|
| Constante Ablenkung. | |
| 90° positiv. | 58° negativ. |
| 86° ,, | 58° ,, |
| 85° ,, | 57° ,, |
| 86° ,, | 58° ,, |
| 86° ,, | 57° ,, |
| Vom künstlichen Querschnitt: | Vom künstlichen Querschnitt: |
| 90° positiv. | 80° negativ. |

Diese 10 ausgewählten Versuche mögen genügen, die beobachteten Verhältnisse zu demonstriren.

Fragen wir uns, was wir in Betreff unserer Gesammtaufgabe aus diesen Versuchen für Nutzen zu ziehen im Stande sind. Im folgenden § werden die gewonnenen Resultate in diesem Sinne zusammengestellt werden.

## § 7.
## Resultate.

1) Wir haben gefunden, dass die ermüdenden Stoffe — namentlich die Milchsäure — durch ihre Anwesenheit innerhalb des Muskels eine Herabsetzung der elektromotorischen Wirkungen des Muskels bedingen; eine Veränderung in den Lebenseigenschaften des Muskels, welche durch eine Entfernung der genannten Stoffe aus dem Muskelinnern wieder ausgeglichen werden kann.

Sehen wir zuerst von allen weiteren Beobachtungen ab und fragen uns, was wird diese Veränderung in den Lebenseigenschaften des Muskels für einen Einfluss auf seinen normalen Stoffumsatz haben?

Die Umsetzung der Muskelstoffe geht, während der Muskel leistungsfähig ist, unter dem Einflusse starker elektrischer Ströme vor sich. Der leistungsunfähige Muskel zeigt keine elektromotorische Wirkungen mehr.

Die Stärke der elektromotorischen Wirkung des Muskels steht offenbar in einem directen Zusammenhang mit seiner mechanischen Leistungsfähigkeit.

Es muss die Frage aufgeworfen werden, wie wir uns diesen Zusammenhang nach bisher bekannten Thatsachen zu erklären im Stande sind.

Es wird sogleich darauf zurückgekommen werden müssen, dass unsere Untersuchungen zu der Annahme drängen, dass die directen Arbeitsleistungen des Muskels auf einer Oxydation oder Spaltung der primären Muskelstoffe: Der Eiweisssubstanzen des Muskels beruhen.

Wenn demnach irgend ein Einfluss die Leistungsfähigkeit des Muskels herabsetzt, so heisst diess nach den bisherigen Erfahrungen: er vermindert die Möglichkeit der normalen Eiweisszersetzung im Muskel.

Diese normale Eiweissoxydation — zu Kreatin (Harnstoff) und Zucker oder Fett —, die wir als die Ursache der mechanischen Muskelleistungen ansprechen, hat sicher etwas äusserst Räthselhaftes.

Ausserhalb des Organismus ist das Eiweiss ein relativ schwer zersetzbarer, schwer oxydirbarer Körper. Nur eine Einwirkung ist uns bekannt, der es leicht unterliegt: die Fäulniss. Diese sehen wir mit Leichtigkeit den complicirten Atomencomplex in sehr einfache chemische Oxydationsproducte zerfällen, mit Ueberspringung der primären auf geringer Sauerstoffaufnahme beruhenden Spaltungsproducte.

Im Innern des lebenden Organismus, wo sich doch scheinbar alle Fäulnissbedingungen für die Eiweisssubstanzen vorfinden, sehen wir das Eiweiss nicht faulen, aber wir sehen es sich dort mit Leichtigkeit zu complicirten Spaltungsproducten zerlegen oder oxydiren. Dasselbe findet aber auch statt im ausgeschnittenen, den Einflüssen des lebenden Gesammtkörpers entzogenen Muskel, so lange er seine Leistungs-

fähigkeit behauptet, was unter günstigen Umständen, wie bekannt sehr lange währen kann.

Es ist klar, dass nicht die Einwirkungen des lebenden Gesammtorganismus direct das sein können, was den Grund zu der fraglichen Richtung der Eiweisszersetzung, welche die Kraft für die Arbeitsleistung des Muskels liefert, abgeben könne. Im lebenden leistungsfähigen Muskel selbst findet sich die Ursache für die fragliche Erscheinung.

Wir werden durch die Beobachtungen, dass die Leistungsfähigkeit des Muskels und die Bildung complicirter Oxydationsproducte, Spaltungsproducte gleichzeitig mit dem Verschwinden der elektromotorischen Kraft desselben ihr Ende finden, zu dem Gedanken gedrängt, dass die starken elektrischen Ströme, unter deren Einwirkung die Oxydationen und Zerspaltungen der Muskelstoffe während der Periode der Leistungsfähigkeit des Muskels stehen, es seien, welche den fraglichen Vorgängen im lebenden Organe die ganz eigenthümliche Richtung ertheilen, die wir an ihnen beobachten, auf welcher schliesslich die Möglichkeit der mechanischen Arbeitsleistung beruht.

So wie diese Einwirkung definitiv aufhört, sehen wir die Fäulniss an Stelle der normalen Zersetzung treten.

Wenn sie nur kurze Zeit sistirt oder geschwächt wird, sehen wir die normalen Oxydationsvorgänge sistirt oder geschwächt, wir sehen die Leistungsfähigkeit des Muskels für diese Zeit gemindert oder vernichtet.

Es ist nicht zu verkennen, dass wir somit der Aussicht auf eine schliessliche Erkenntniss der eigenthümlichen Ursachen der Zersetzungsvorgänge im lebenden Organismus näher gerückt sind. Freilich, wie wir uns die Wirkung der elektrischen Ströme auf die fraglichen Zersetzungen zu denken haben, ist damit noch keineswegs ermittelt.

Vorläufig bietet vielleicht nur der Gedanke an eine, wie sich Schönbein ausdrückt, Polarisation des Sauerstoffs durch den elektrischen Strom, eine Zustandsveränderung des Oxydationsmittels in Folge der besprochenen Lebenseigenschaft des Muskels, einen Ruhepunct für unsere Gedanken. —

Worauf die elektromotorische Kraft des Muskels in ihrem letzten Grunde selbst beruhe, ist durch meine Untersuchungen nicht ermittelt. Nur soviel stellen sie experimentell fest, was theoretisch stets postulirt war, dass die Stärke der elektromotorischen Wirkung des

Muskels bedingt sei von seiner normalen chemischen Constitution. Eine wesentliche Veränderung dieser letzteren schwächt oder vernichtet diese wesentlichste aller Lebenseigenschaften des untersuchten Organes.

Auch Das noch lassen meine Versuche erkennen, dass es sich bei der Erzeugung der elektromotorischen Wirkungen nicht etwa um Zutagetreten einfacher chemischer Ungleichartigkeiten handeln könne. Chemisch so differente Körper wie Milchsäure und Kreatin, ja auch Salze wie Chlorkalium und gallensaures Natron zeigen denselben Effect. Es scheint widersinnig zu glauben, dass eine heftig wirkende Säure und ein neutrales Salz in elektromotorischer Beziehung die gleiche Wirkung besitzen könnten. Offenbar müssen hier viel tiefer liegende Momente als die eben angedeuteten in Wirksamkeit treten. —

2) Die für die Muskelleistungsfähigkeit indifferenten Stoffe besitzen auch keinen schwächenden Einfluss auf den elektrischen Muskelstrom.

Es zeigt auch diese Beobachtung, wie genau gleich diese beiden Lebenseigenschaften des Muskels sich äusseren Einflüssen gegenüber verhalten.

3) Die Stoffe, welche die Muskelleistungsfähigkeit definitiv vernichten: gallensaures Natron und Chlorkalium vernichten den Muskelstrom und intendiren eine Umkehr der Richtung desselben. —

Wir beschliessen damit die vorliegende Untersuchung freilich mit dem Bewusstsein, dass auf der hier eingeschlagenen Bahn noch das Meiste zu leisten übrig geblieben ist.

## Achtzehntes Capitel.

### Einfluss der ermüdenden Stoffe auf die Oxydationsvorgänge innerhalb des Muskels.

§ 1.

**Die Wirkung der ermüdenden Stoffe auf Wasserstoffsuperoxyd.**

Wir haben uns schon die im vorstehenden Capitel besprochenen Beobachtungen nur so in ihrem eigenthümlichen, inneren Wesen vorzustellen vermocht, dass wir annahmen, in ihnen dem Ausdruck einer Veränderung der normalen Oxydationsverhältnisse des Muskels begegnet zu sein.

Unter dem Einfluss der ermüdenden Substanzen sahen wir den elektrischen Muskelstrom, den wir als die Bedingung der dem Lebenszustande des Muskels eigenthümlichen Stoffzersetzungen mit Bildung complicirter Spaltungs- oder Oxydationsproducte postulirten, verschwinden.

Ich habe einige Beobachtungen gemacht, welche vielleicht eine vorläufige Erklärung der Veränderung der Oxydationsrichtung im Muskel unter der Einwirkung der oft genannten Stoffe zu geben vermögen.

Es sind die Entdeckungen von Schönbein, auf welchen diese schliesslichen Beobachtungen beruhen[1]).

Die Untersuchungen Schönbein's machten in der wissenschaftlichen Welt ein solches Aufsehen, dass ich nicht genöthigt bin, auf ihre Darlegung näher einzugehen.

1) Ueber die katalytische Wirksamkeit organischer Materien und deren Verbreitung in der Pflanzen- und Thierwelt. Sitzungsberichte der Acad. d. Wiss. zu München. 1863. I. 95—118. etc.

Es ist bekannt, dass nicht nur bei Berührung mit manchen Metallen besonders mit Platin, das Wasserstoffsuperoxyd sehr rasch in Wasser und gewöhnlichen Sauerstoff zerlegt wird, sondern dass auch bei dieser Zerlegung des Wsserstoffsuperoxydes, das nach den Ansichten Schönbein's aus $HO + \oplus$ ($\oplus$ = Antozon) besteht, eine Bildung von $\Theta$ = Ozon stattfindet. Das gebildete Ozon verbindet sich unter gewöhnlichen Verhältnissen sogleich mit einem gleichen Antheil von dem nicht in unmittelbarer Metallberührung stehenden Antozon, zu gewöhnlichem Sauerstoff.

Man kann das gebildete Ozon dadurch sichtbar machen, dass man dem Wasserstoffsuperoxyd Guajaktinctur zusetzt, welche sich unter der Einwirkung des gebildeten Ozon's bläut, eine Wirkung, die weder das Antozon noch der gewöhnliche Sauerstoff besitzt.

Schönbein nennt diese Wirkung des Platin's auf das Wasserstoffsuperoxyd: eine katalytische Wirkung.

Eine Mischung von Wasserstoffsuperoxyd mit Guajaktinctur diente ihm als Reagens zur Entdeckung einer grossen Anzahl in der angegebenen Weise katalytisch wirkender Substanzen, von denen uns seine Entdeckungen unter den organischen Materien hier vor allen anderen interessiren.

Schönbein zeigte, dass es vermuthlich keine Pflanze und keinen Theil einer Pflanze gebe, welche nicht in der genannten Weise katalytische Wirkungen zeige: die nicht aus dem Antozon des Wasserstoffsuperoxydes Ozon zu bilden im Stande wäre.

Jedem, der die Wirksamkeit des activen Sauerstoffs, des Ozon's kennt, wird daraus klar, wie sehr Schönbein im Rechte ist, wenn er an die genannte Eigenschaft der Ozonbildung eine grosse Reihe von Vermuthungen über das Zustandekommen der organischen Stoffwechselvorgänge innerhalb des Pflanzenorganismus, die Erzeugung neuer chemischer Verbindungen etc. anknüpft.

Auch im thierischen Körper sind derartige Stoffe mit katalytischen Wirkungen bekannt. Man weiss, dass das Blutfibrin, die Blutkörperchen in der genannten Weise Ozon zu bilden im Stande sind, und wir müssen in dieser Eigenschaft den Grund der normalen Oxydationen innerhalb des Blutes suchen. Auch der menschliche Speichel, der Nasenschleim, die Schleimhaut des Kälbermagens, die Schleimhaut der Schweinsharnblase hat die genannte Eigenschaft.

Während das pflanzliche Eiweiss stark katalytisch zu wirken scheint, geht diese Eigenschaft den thierischen Eiweissstoffen nach Schönbein's Beobachtungen gänzlich ab. Zucker hat nach Schönbein's Versuchen ebenfalls keine Wirkung in diesem Sinne. —

Es schien mir möglich, dass die ermüdenden Substanzen, vielleicht ebenfalls katalytisch wirksam sein möchten, und dass aus dieser Eigenschaft ihre Wirkungen wenigstens theilweise sich erklären könnten.

Man weiss wie schwierig die Versuche nachzuahmen sind, welche Schönbein so sicher gelingen. Es schien mir vor Allem wünschenswerth, einige seiner Resultate für mich zu constatiren, um zur Gewissheit zu kommen, dass ich analoge Versuchsbedingungen zur Wirksamkeit zu bringen im Stande sei, wie Schönbein.

Das Wasserstoffsuperoxyd bereitete ich mir zu meinen Versuchen, indem ich fein zerriebenes Baryumsuperoxyd mit verdünnter Fluorkieselwasserstoffsäure vorsichtig neutralisirte, die Flüssigkeit sich durch Absitzen klären liess und die obenstehende klare Flüssigkeit zum Versuch verwendete. Die Lösung wurde stets frisch gemacht. Ebenso die Guajaktinctur, zu welcher nur Material aus dem Innern der Harzstücke verwendet wurde.

Es gelang mir zu zeigen, dass das Reagens auf Ozon von Spuren von Blut gebläut wurde. Ebenso zeigte ein Stückchen sorgfältig ausgewaschener Froschmuskel keine oder nur eine äusserst minimale Wirkung. Zucker bläut ebenfalls nicht und ebensowenig: Harnstoff.

Es hatte sich so herausgestellt, dass ich im Stande war, die von Schönbein gesehenen Thatsachen ebenfalls sichtbar zu machen. Ich konnte nun an die Prüfung der ermüdenden Stoffe gehen.

Die angestellten Versuche zeigten, dass Milchsäure in sehr geringen Mengen zwar eine Bläuung hervorrufe, dass aber diese Bläuung bei Zusatz von einem Ueberschuss von Milchsäure wieder vollkommen verschwinde.

Anders war es bei dem Kreatin. Ein Kreatinzusatz zu dem Reagens rief eine sehr intensive Bläuung hervor. Setzte ich aber einen Ueberschuss von Milchsäure hinzu, so verschwand die eingetretene Bläuung wieder vollkommen. —

Es fragte sich, wie man sich diese Beobachtung, die sehr leicht zu machen ist, erklären könnte.

Die Wirkungen der Milchsäure waren freilich sogleich klar.

Es war sichtlich, dass die Milchsäure eine katalytische — Ozon-bildende — Wirkung besitze. Das Ozon verschwindet aber in der Folge wieder bei Zugabe eines Ueberschusses von Milchsäure wohl aus dem Grunde, dass die Milchsäure das gebildete Ozon zu ihrer eigenen weiteren Zersetzung? verwendet.

Anders ist es bei dem Kreatin. Das Kreatin bildet eine grosse Menge von Ozon, das als solches bestehen bleibt. Durch einen Zusatz von Milchsäure kann das gebildete Ozon verbraucht werden.

Dieses verschiedene Verhalten der beiden Substanzen, die doch in ihrer physiologischen Wirkung im Endresultate ganz gleich sind, musste sehr auffallend erscheinen und es musste die Frage aufgeworfen werden, ob vielleicht die Unterschiede nicht qualitativer, sondern nur quantitativer Art seien: ob nicht vielleicht auch das Kreatin die Eigenschaft der Milchsäure nur in geringerem Grade besitze, das gebildete Ozon in der Folge für seine eigene Oxydation zu verwenden und damit die Bläuung des Guajakharzes zum Verschwinden zu bringen.

Es wurden zur Entscheidung der Frage zwei Versuchsreihen angestellt, welche auf die Möglichkeit des gesuchten Resultates hinweisen.

1. Hat man durch Kreatin das Guajakharz stark gebläut und setzt nun einen bedeutenden Ueberschuss von Kreatin zu, so beginnt sich die Guajaklösung zu entfärben, die Färbung wird schwächer. Auf Zusatz von neuer Guajaklösung wird sie nicht stärker, aber auf Zusatz von neuem Wasserstoffsuperoxyd sehr stark: tief blau.

2. Gibt man wenig Wasserstoffsuperoxyd zu einer concentrirten Kreatinlösung, so scheint diese nach kurzer Zeit keine Ozonreaction mehr zu geben.

Es scheint demnach, dass das Kreatin und die Milchsäure das gleiche Verhalten zeigen:

Letztere bildet in geringen Mengen einen Ueberschuss von Ozon aus dem Wasserstoffsuperoxyde, so dass die Guajaklösung dadurch gebläut wird. Ist sie im Ueberschusse vorhanden, so verbraucht sie das sich bildende Ozon für ihre eigene Oxydation. (?)

Die Guajaktinctur ist nur ein Ozonträger, der das Ozon an leichter oxydirbare Körper wieder abzugeben im Stande ist.

## § 2.

### Resultate aus § 1.

Das ist das Resultat, dessen Verwerthung für unsere Frage über den Grund der Ermüdung uns obliegt.

Es scheint mir, dass sich nach dieser letzten Erfahrung noch einige bisher räthselhafte Erscheinungen bei der Oxydation im Muskel während seiner Thätigkeit einfach erklären lassen.

Wir sehen während der Zeit des Tetanus selbst die Oxydationsvorgänge wesentlich im Muskel gesteigert. Wir sehen dagegen, dass er in sich während des Tetanus Stoffe in grösserer Menge enthält, welche dieselbe Eigenschaft der Ozonbildung besitzen, die wir im Blute als den Grund der Oxydation ansprechen. Die Fähigkeit des gesammten Organismus Ozon zu bilden und damit nothwendig die Grösse der Oxydationen in ihm selbst müssen im Tetanus sich steigern, da er ja dann mehr Ozon-bildende Stoffe in sich enthält, als während der Ruhe.

So erklärt es sich auch, dass der Muskel ohne Mithülfe des Blutes, das wir sonst allein als den Träger der Oxydationsbedingungen anzusehen gewöhnt sind, auf Oxydation beruhende Zersetzungen in sich vorzunehmen im Stande ist. Er enthält und bildet ja Substanzen aus seinen unwirksamen Eiweissstoffen, welche mit dem Blute die Eigenschaft der Ozonbildung theilen. So verstehen wir auch, wie anfänglich die Muskelcontractionen während des Tetanus an Stärke zunehmen können. Es kann diess ausser der Steigerung der Nervenerregbarkeit noch daher rühren, dass eine grössere Menge von Stoffen zersetzt werde, die durch ihre Zersetzung dem Muskel mehr Spannkräfte zur mechanischen Arbeitsleistung zur Verfügung stellen. Diese Zersetzung beruht, wie uns wahrscheinlich wurde, auf Oxydation. Bei der Anwesenheit des Kreatin's und der Milchsäure in kleineren Mengen wird ja von diesen ein Ueberschuss von Ozon geliefert. Die Oxydationen und damit die Fähigkeit zur Arbeitsleistung innerhalb des Muskels müssen in Folge dessen durch sie eine anfängliche Steigerung erfahren.

Ganz anders wird das Verhältniss, wenn sich die Milchsäure in so grossen Mengen angehäuft findet, dass sie das gebildete Ozon alles selbst für sich in Beschlag nimmt. Offenbar geht auch dann noch ihre Wirkung als Ozon-bildende fort, aber diese hat

für den Muskel selbst keine weitere Wirkung mehr. Die bei der Oxydation des Kreatin's und der Milchsäure freiwerdenden Spannkräfte werden also offenbar nicht zur Hervorbringung mechanischer Leistungen des Muskels verwendet. Es müsste ja sonst, wenn sie in grösseren Mengen vorhanden sind, auch noch die Möglichkeit der Muskelleistung vorliegen; die Oxydationen der Zersetzungsproducte gehen ja sicher ungestört fort und nur die Eiweissstoffe des Muskels werden nicht mehr oxydirt.

Es scheint mir danach äusserst wahrscheinlich, dass mechanische Arbeit nur allein durch Verwendung derjenigen Spannkräfte geleistet werden könne, welche bei der primären Oxydation oder Spaltung der Muskeleiweissstoffe frei und verwendbar werden.

Denn wie sollte die Sistirung der mechanischen Muskelleistungen erklärt werden zu einer Zeit, in welcher die Oxydationen zu secundären Producten im Muskel ungestört, ja, wie in der Respiration die Mehrausscheidung der Kohlensäure im Stadium der Ermüdung ebenfalls direct ergibt, im gesteigerten Maasse fortschreitet? da Nichts verändert scheint, als dass die primären Muskelstoffe keine weiteren Zersetzungen erleiden?

Auch abgesehen von der gemachten directen Beobachtung scheint es klar und von vorne herein nothwendig, dass die einmal gebildeten Zersetzungsproducte des Muskels, wenn sie in grösserer Menge sich angehäuft haben, allen disponibelen activen Sauerstoff an sich ziehen und dadurch die Oxydation des Eiweisses hindern, da sie ja weit leichter oxydirbar sind als die Eiweissstoffe des Muskels, die wie gesagt während des Zustandes der Leistungsfähigkeit des Muskels verhältnissmässig schwer zersetzbare Körper sind.

Wir können die letzten Resultate in den Satz zusammenfassen:

Die ermüdenden Stoffe scheinen die Leistungsfähigkeit des Muskels vor Allem darum zu sistiren, weil sie leichter oxydirbar sind als die Eiweisssubstanzen des Muskels, auf deren schwacher Oxydation und Spaltung die Arbeitsleistung des Muskels wahrscheinlich beruht. Die ermüdenden Substanzen entziehen durch ihre Anwesenheit dem Muskel den zu seiner Oxydation nöthigen Sauerstoff.

## § 3.

### Einfluss der Milchsäure auf die Zuckergährung.

Es findet sich im Muskel, der Zersetzung der Albuminate desselben entstammend, eine wahre, gährungsfähige Zuckerart, von der von mir nachgewiesen wurde, dass sie sich nach dem Tetanus in vermehrter Menge im Muskel vorfindet.

Wir wissen, dass unter normalen Bedingungen der Zucker nicht als solcher aus dem Organismus ausgeschieden wird, sondern dass er als Kohlensäure und Wasser den Körper schliesslich verlässt. Es ist nicht ausgemacht, ob er direct in diese einfachen Körper zerfällt, oder ob er anfänglich sich durch eine gewisse Art von Gährung in complicirtere Atomgruppen spaltet, vielleicht, und es scheint diess wohl fast mehr als wahrscheinlich, entstammt die Milchsäure des Muskels einer derartigen Spaltung.

Wir können uns diesen Vorgang nicht anders als unter dem Bilde einer Gährung vorstellen.

Wir sehen wirklich im Muskel, wie es scheint, alle Bedingungen zu einer eintretenden Gährung verwirklicht. Wir haben hier wie dort eine gährungsfähige Zuckerart und als Gährungserreger bekannte Stoffe, sich zersetzende Albuminate, neben den accessorischen Bedingungen der Gährung: Feuchtigkeit und Wärme. Es scheint zweifellos, dass unter diesen Bedingungen wirklich Gährung eintreten müsse, und diese Vermuthung wird durch das Entstehen der Milchsäure, des postulirten Gährungsproductes, noch in ihrer hohen Wahrscheinlichkeit gesteigert.

Bei der künstlichen Bildung der Milchsäure aus Milchzucker, der der sauer gewordenen Milch zugesetzt wird, ist die Milchsäurebildung beschränkt durch die Eigenschaft der Milchsäure, die Wirkung des gährungserregenden Caseïns auf den Zucker zu hemmen, sobald sie in irgend grösseren Mengen angehäuft ist.

Dieselbe Eigenschaft besitzt die Milchsäure auch auf die als Gährungserreger im Muskel supponirten Albuminate. Bringt man ein Stückchen Fleisch zu Traubenzuckerlösung, so wird durch dasselbe bei entsprechender Temperatur in kurzer Zeit die Gährung eingeleitet. Ein geringer Zusatz von Milchsäure hebt jedoch die Fähigkeit des Fleisches, Gährung einzuleiten, vollkommen auf, wie auf sehr einfache Weise durch den Versuch nachgewiesen werden kann.

Ich füllte zu diesem Zwecke einige CC. einer Zuckerlösung mit einem kleinen Fleischstückchen in ein im Uebrigen mit Quecksilber angefülltes kleines Eudiometer. Das Eindringen von Luftblasen ist leicht gänzlich zu vermeiden. In den Gährungsraum gebracht, entwickelt sich die Kohlensäure und sammelt sich über der Flüssigkeit in dem Eudiometerrohre an.

In ein anderes gleichgrosses Eudiometer war unter sonst gleichen Bedingungen nur mit dem Zusatz einiger Tropfen Milchsäure die Füllung geschehen. Hier war noch nach mehreren Tagen keine Kohlensäureentwickelung eingetreten, während die Gährung in dem anderen Rohre bereits seit lange vollkommen abgelaufen war.

Es scheint mir danach sicher, dass auch innerhalb des lebenden Muskels sich analoge Verhältnisse werden geltend machen müssen; auch dort wird die Milchsäure einmal in grösserer Menge gebildet die supponirte Gährung hemmen und es scheint mir diese Behauptung gut mit der Beobachtung zusammenzustimmen, dass nach dem Tetanus, der mit einer Anhäufung von Milchsäure einhergeht, sich der Zukkergehalt im Muskel vermehrt findet.

Bei der künstlichen Milchsäurefabrication aus Milch mit zugesetztem Milchzucker wird diese gährungshemmende Einwirkung der gebildeten Milchsäure dadurch vermieden, dass man zu der gährenden Flüssigkeit einen Zusatz einer basischen Substanz z. B. von Natronbicarbonat macht und dadurch die Milchsäure neutralisirt; um die Gährung fortgehen zu lassen, muss die Milchsäure in dem Maasse als sie entsteht auch neutralisirt werden.

Die Beobachtung, dass im Muskel aus dem neutralen Kreatin während des Tetanus das stark basische Kreatinin entsteht, scheint mir dafür zu sprechen, dass ein analoger Neutralisationsvorgang — wie ich diess schon mehrmals hervorgehoben habe — auch im Muskel, abgesehen von der Milchsäureneutralisation durch die alkalischen Körperflüssigkeiten stattfindet. Er hat sicher den Erfolg auch unter diesen Umständen, die Milchsäurebildung längere Zeit fortgehen zu machen, die Möglichkeit zu einer gesteigerten Milchsäurebildung zu geben, wie diess die Neutralisation ausserhalb des Organismus thut. Milchsaure Salze hindern die Gährung nicht.

Ziehen wir auch die Alkoholgährung in den Kreis unserer Betrachtungen, so treffen wir auf Beobachtungen, welche noch mehr mit unseren

Betrachtungen und Versuchen in den beiden ersten Paragraphen dieses Capitels zusammenstimmen.

Es ist bekannt, dass für das Zustandekommen der Alkoholgährung die Anwesenheit der organischen Säuren, wie Essig-, Wein-, Citronen- und vor allem Milchsäure zwar im concentrirteren Zustande schädlich ist; dass diese Säuren aber im verdünnten Zustande, sodass die Flüssigkeit eben sauer reagirt, für die Gährung nicht nur höchst förderlich, sondern wirklich nothwendig zu sein scheinen[1]).

Eine derartige Beobachtung machten wir bei der Darstellung des Alkohols aus dem Fleischextracte. Wir sahen dort in der sauren Flüssigkeit, die von Milchsäure sauer war, die Gährung ungehindert und rasch verlaufen.

Freie Alkalien hemmen die Gährung so lange bis sie von der entwickelten Kohlensäure oder von einer zugefügten Säure gesättigt sind[2]).

So sehen wir also auch hier die Milchsäure zwei im Wesen verschiedene Functionen ausüben, wie wir das schon bisher postulirt hatten, und wie wir diess durchgängig beobachteten.

Im Muskel stellt sich in dieser letzten Beziehung die Wirkung der Milchsäure so:

Die alkalischen Körperflüssigkeiten: Blut und Lymphe intendiren eine Aufhebung der der Gährung analogen normalen Stoffumänderungen in dem Muskel. Die beständig sich bildende Milchsäure reicht im ruhenden Zustande des Muskels gerade hin, die Reaction der Muskelflüssigkeit neutral zu erhalten. Die der Gährung analogen Stoffumänderungen können so einen zwar geringen aber beständigen Fortgang nehmen. Bei dem Tetanus treten Verhältnisse ein, die eine Anhäufung der Milchsäure im Muskelsafte hervorbringen; der Muskelsaft wird schwach sauer, die genannten Stoffveränderungen müssen dadurch, da ja die Anwesenheit einer kleinen Säuremenge ihr Zustandekommen begünstigt, in ihrer Intensität gesteigert werden. Ein Ueberschuss der Säure wird dabei durch die gleichzeitige Kreatininbildung aus Kreatin für einige Zeit verhütet. Endlich übersteigt ihre vorhandene Menge doch die Grenze der Nützlichkeit; die Säure häuft sich in solchen Mengen an, dass sie dieselben Stoffumänderungen die

1) F. Knapp, Lehrbuch der chemischen Technologie. 1848. Bd. II. S. 278.
2) a. a. O. S. 278.

sie anfänglich begünstigte, nun in der weiteren Folge vernichtet. Hierbei geht offenbar die Eiweissspaltung noch einige Zeit ungestört von Statten, sodass sich ihr gährungsfähiges Product: der Zucker im Muskel nun anhäufen kann.

Es leuchtet auf den ersten Blick ein, wie vollkommen analog diese Verhältnisse der Wirkung der Milchsäure auf die Gährung denen seien, die wir bei der Betrachtung der Einwirkung desselben Stoffes auf Wasserstoffsuperoxyd angetroffen haben.

So scheint sich denn im lebenden Muskel die Milchsäure in ihren Wirkungen nicht allein auf die normale Eiweisszersetzung zu erstrekken, von denen wir gesehen haben, dass sie in der Folge durch die Anwesenheit der genannten Säure aufgehoben werde. Wir sehen, dass sie ebenso im Stande ist, schliesslich auch die weiteren Zersetzungen der secundären Muskelstoffe zu hindern, ja gänzlich aufzuheben, nachdem sie anfänglich ihre Stoffumlagerungen begünstigte und steigerte.

Wir begreifen nun etwas besser, wie dieselben qualitativen Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Muskels — das Auftreten der Milchsäure — während des Tetanus zuerst die der gesteigerten Stoffzersetzung im ruhenden Muskel entgegenwirkende Hemmung hinwegzuräumen, und die Stoffumsetzungen dadurch zu steigern im Stande ist, und wie sie schliesslich doch auch selbst die Function einer Hemmungsvorrichtung der Zersetzungen übernehmen könne.

---

## Neunzehntes Capitel.

### Schluss.

Schliesslich haben wir die Aufgabe, noch einmal einen gedrängten Rückblick auf den Gang und die Resultate unserer Untersuchung zu werfen.

Der Leser wird sich erinnern, dass wir die vorliegende Experimentaluntersuchung begonnen haben unter dem Eindruck, dass die bisher

gewonnenen festbeglaubigten Resultate der Forschung über den Einfluss des Tetanus auf die Stoffumsetzungen des Organismus und damit die daraus abgeleiteten Anschauungen über die Erzeugung der Muskelkraft einen scheinbar nicht zu vermittelnden Zwiespalt erkennen liessen.

Auf der einen Seite stand es durch die Untersuchungen der berühmtesten Forscher wie Liebig, Helmholtz, du Bois-Reymond u. A. m. fest, dass der Tetanus des Muskels mit sicher nachzuweisenden Veränderungen seiner Substanz verbunden sei, die alle auf einen Verbrauch von Muskelstoffen durch die Muskelaction hinwiesen und dadurch nothwendig dazu drängten, anzunehmen, dass die Quelle der Muskelkraft in jenem Verbrauch, in jener Zersetzung oder Oxydation der Muskelstoffe und damit in den durch eine solche frei und verwendbar werdenden Spannkräften zu suchen sei.

Auf der anderen Seite hatten die ausgezeichneten Untersuchungen über die Ernährung des Fleischfressers von Th. L. W. Bischoff und C. Voit mit aller Entschiedenheit und unweigerlich nachgewiesen, dass die Stoffumsatzbedingungen, die Stoffoxydationen des thierischen Organismus abhängig seien nicht von willkürlich zu setzenden Bedingungen, sondern einzig von der Masse des im Körper vorräthigen Nahrungsmateriales und seiner qualitativen Zusammensetzung. Zu diesem Ergebniss der Untersuchung hatten die Versuche von C. Voit noch den sicheren directen Beweis geliefert, dass durch Muskelarbeit die Harnstoffausscheidung nicht vermehrt werden könne.

Es geht aus diesen letzteren Untersuchungen mit aller nur möglichen Bestimmtheit hervor, dass in dem im Organismus vorräthigen Stoffmaterial die Zersetzungen nicht willkürlich gesteigert werden können, sondern dass sich die Zersetzungen nur in Folge innerer Gründe zutragen.

Die Oxydationen und Stoffumsetzungen, die wir im Organismus des Thieres vor sich gehen sehen, und in denen wir einzig die Quelle der Krafterzeugung der Thiere suchen können, sind von dem Verbrauch dieser mechanischen Kräfte zu Leistungen ausserhalb des Organismus unabhängig, sie werden durch sie nicht gesteigert! —

Freilich sehen wir auf den ersten Blick, dass dieser Widerspruch des Experimentes, das auf der einen Seite einen Stoffverbrauch durch die Muskelarbeit und durch den Tetanus bestimmt nachweist, auf der

anderen aber die Unabhängigkeit der Gesammtumsetzungen im Organismus von der Erzeugung der Muskelarbeit beweist, sich vielleicht lösen lasse durch die Annahme, dass zwar bei Betrachtung einer grösseren Zeitperiode, wie diess bei den oben genannten Stoffwechselversuchen der Fall war, eine solche Unabhängigkeit sich zeigen könne, aber doch wohl nur darum, weil der während der Muskelaction gesteigerten Stoffzersetzung in der Folge eine der Steigerung entsprechende Verminderung in ihrer Energie auf den Fuss folge. Da sich die Wissenschaft gewöhnt hatte, die Ausscheidungen des Organismus als ein Maass der Stoffumsetzungen in ihm zu betrachten, so schien sich die Frage so zu stellen: lässt sich vielleicht, trotzdem dass im Grossen und Ganzen die Ausscheidung des Stickstoffs, aus dem Körper durch Erzeugung von Muskelarbeit nicht gesteigert wird, nicht doch bei Betrachtung möglichst kleiner Perioden eine der Krafterzeugung entsprechende Vermehrung der Ausscheidungen nachweisen?

Wenn auf eine solche supponirte Steigerung in den Körperausscheidungen eine entsprechende Verminderung nachweisbar sein würde, so wäre damit auf eine einfache Weise eine Vereinigung beider Resultate möglich geworden. Auf der einen Seite wäre die Entstehung der Muskelkraft auf eine einfache mechanische Weise erwiesen, auf der andern würde auch der zweite Satz erklärt sein, dass die Grösse der Stoffumsetzungen und Oxydationen und damit auch die Grösse der Kraftmenge, die in einer grösseren Periode vom Organismus erzeugt wird, von der während dieser Periode gelieferten äusseren Arbeit unabhängig sei. —

Wir traten an die Untersuchung heran. Es war uns leicht, bei directer Untersuchung des Muskels die alten Beobachtungen von dem Stoffverbrauch im Muskel während des Tetanus theilweise zu bestätigen, ja es gelang uns, eine ziemliche Reihe neuer Thatsachen, die einzig auf diesen Verbrauch zu deuten waren, aufzudecken. Wir fanden dabei noch weiter, dass mit der Steigerung des Verbrauches an Muskelstoffen in Folge des Tetanus auch eine Anzahl von Thatsachen auf eine Veränderung in der Richtung der chemischen Zersetzungen im Muskel während der Periode seiner Thätigkeit hinweisen. Wir beobachteten weiter, dass die Stoffumsetzungen während des Tetanus, auf welchen die Erzeugung der Muskelkraft beruht, nur innerhalb des Muskels selbst vor sich gehen, so dass wir gezwungen sind, den Muskel

nicht nur als Uebertragsmechanismus für eine ausser ihm entstandene Kraft in Arbeitsleistung anzusehen, sondern dass wir ihn neben seiner Function als Uebertragungsvorrichtung auch als den zum Zweck der Arbeitsleistung umgesetzten, oxydirten Stoff ansprechen müssen.

So war die eine Seite der Aufgabe, der Nachweis, dass die Muskelarbeit auf den durch gesteigerte Stoffumsetzung frei und verwendbar werdenden Spannkräften der Muskelsubstanz beruhe, befriedigend gelöst. Wenn wir auch noch nicht im Stande sind, die bei dem Tetanus oder der Muskelarbeit durch die gesteigerte Zersetzung der Stoffe des Muskels frei und verwendbar werdenden Spannkräfte zu messen und ihre Uebereinstimmung mit der Grösse der geleisteten Arbeit quantitativ nachzuweisen, so genügt uns doch vorerst schon der qualitative Nachweis, dass wirklich eine Vermehrung der freiwerdenden Kräfte bei der Muskelaction sich finde, die als Grund der Arbeitsleistung angesprochen werden kann.

So konnten wir also zu dem zweiten Theile unserer Aufgabe uns wenden, den scheinbaren Widerspruch, der aus den Bestimmungen der Harnstoffausscheidung bei Muskelaction sich ergeben hatte, aufzulösen.

Die Aufgabe schien einfach, so wie wir sie oben aufgestellt hatten, ihrer Lösung entgegengeführt werden zu können. Freilich hatten wir zu diesem Zwecke, da sich die Beobachtungen nur am Menschen anstellen zu lassen schienen, eine langwierige und mühsame Voruntersuchung zu machen, um den Nachweis zu liefern, dass am Menschen gewonnene Resultate mit den am Fleischfresser gewonnenen vergleichbar seien. Der Nachweis fiel befriedigend aus; wir machten uns an die eigentlichen Versuche, die eine der Arbeitsleistung proportionale Steigerung der Stickstoffausscheidung im Harne bei Betrachtung kleiner Perioden der Ausscheidung nachweisen sollten. Wie gross war unser Erstaunen, dass sich eine solche correspondirende Vermehrung trotz des gesteigerten Muskelumsatzes im Tetanus in den Stickstoffausscheidungen im Harne nicht nachweisen liess. Es zeigten sich zwar Veränderungen in der Harnstoffausscheidung in Folge des Tetanus, aber dieselben waren trotz der Gleichheit der geleisteten Arbeit nicht vergleichbar unter einander. Dasselbe Ergebniss, welches von C. Voit in so schlagender Weise für grössere Untersuchungsperioden nachgewiesen wurde, zeigte sich, wenn auch mit einigen Modificationen, bei Betrachtung von sehr kleinen Zeitabschnitten ebenfalls.

Es ergab sich daraus schlagend, dass die Harnstoffausscheidung kein irgend treues Bild von den kleineren Schwankungen des Stoffumsatzes im Organismus zu geben im Stande sei, dass sich in ihr nur die grossen Stoffumsatzverhältnisse charakteristisch erkennen lassen; denn offenbar waren wirklich vorhandene gleichnamige Stoffumsatzveränderungen nicht im Stande, ein gleichsinniges Resultat in Beziehung auf diese Ausscheidung zu erzielen.

Es fand sich eine unregelmässige kleine Steigerung der Harnstoffausscheidung, auf die eine Periode der Verminderung eintrat.

Auch Bestimmungen der unter dem Einfluss der Muskelarbeit eintretenden Steigerung der Kohlensäureabgabe wurden vorgenommen. Sie ergaben ein der Harnstoffbestimmung gleiches Resultat. Auch bei der Steigerung der Kohlensäureabgabe ist es unmöglich, einen directen Zusammenhang zwischen ihr und der geleisteten Muskelarbeit aufzufinden. Ja es kann wie bei der Harnstoffausscheidung sich auch bei der Kohlensäureabgabe während der Arbeitsleistung an Stelle einer erwarteten Vermehrung eine Verminderung ergeben, welcher erst in der auf die Arbeitsleistung folgenden Ruheperiode hier wie dort eine kürzere oder längere Zeit anhaltende Vermehrung folgt.

Auch für die Kohlensäureabgabe scheint sich die Beobachtung C. Voit's an der Harnstoffausscheidung nachweisen zu lassen, dass nämlich bei Betrachtung grösserer Perioden die Ausscheidung durch die Muskelarbeit nicht gesteigert wird, dass also auch im Grossen und Ganzen die Zersetzungs- und Oxydationsvorgänge, auf welchen diese Ausscheidung beruht, von der geleisteten Arbeit unabhängig, unbeeinflusst sei. Doch scheinen diese Perioden grösser zu sein, als sie bei der Harnstoffausscheidung sich zeigten.

So beweisen denn auch meine Versuche wie die freilich weit umfangreichern von Bischoff und Voit, das die Grösse des Stoffumsatzes und damit das im thierischen Organismus während einer grösseren Periode frei und verfügbar werdende Kraftquantum nicht abhängig sei von willkürlichen Einflüssen, wie zum Beispiel die Muskelaction, sondern dass wir hier eine von äusseren Einflüssen fast ganz unabhängige Function des Organismus vor uns haben. Ja meine Versuche zeigten sogar für die Harnstoffausscheidung, dass schon ziemlich kleine Zeiträume — eine Stunde — hinreichen, eine etwa statthabende Veränderung in ihren Folgen fast vollständig zu beseitigen. —

Es blieb uns kein anderer Ausweg als die Annahme, dass in sehr kleinen Zeiträumen schon innerhalb des Muskels ein Compensationsvorgang eintreten müsse, durch den die durch die Muskelaction gesetzten Veränderungen in den Umsatzverhältnissen fast vollkommen ausgeglichen werden können. Aber wie sollten wir uns diesen Vorgang der Ausgleichung vorstellen? Worin sollten wir den Grund finden für eine Hemmung der Zersetzungen im arbeitenden Muskel?

Auf der einen Seite finden wir eine Steigerung auf der anderen eine Verminderung der Muskelzersetzungen, das eine während, das andere nach der Arbeitsleistung der Muskeln. Es ist klar, dass der eine wie der andere Vorgang: die Steigerung wie die Verminderung gleich unerklärlich schienen.

Ich war so glücklich dieses Räthsel fast vollständig aufzuklären. Wir fanden in dem Auftreten der Milchsäure und des Kreatin's im Muskel den Grund für beide scheinbar unvereinbare Thatsachen.

Diese Stoffe sind nicht nur sehr starke Muskelreize, und wir können wohl daran denken, dass das Zustandekommen der Muskelaction primär ihrer reizenden Einwirkung entstamme, sie erhöhen auch die Nervenerregbarkeit, sodass unter ihrer primären Einwirkung ein von den nervösen Centralorganen kommender Anstoss in den Nerven gesteigerte Leistungen hervorbringen muss. Aber während sie primär und in geringeren Mengen die Leistungen der Muskeln und Nerven zu steigern vermögen, vermindern sie dieselben in der Folge bei stärkerer Anhäufung mehr und mehr bis sie dieselben schliesslich vollkommen vernichtet haben. So gab schon diese Beobachtung uns einen Anhaltepunct für die Vorstellung, wie bei und in Folge der Muskelaction, die notorisch mit Anhäufung der beiden genannten Stoffe einhergeht, auf ein Stadium der Steigerung der Zersetzungen — erhöhte Leistungsfähigkeit — ein Stadium der Verminderung — Ermüdung, Leistungsunfähigkeit — folgen könne.

Es gelang mir weiter nachzuweisen, dass die genannten chemischen Körper keine definitive Veränderung des Muskels durch ihre Anwesenheit hervorrufen, sondern, dass ihre Wirkungen durch ihre einfache Entfernung aus dem Muskelsafte durch Auswaschen und Neutralisation der Säure wieder zum Verschwinden gebracht werden können. Es war einleuchtend, dass wir damit den Grund für die Widerherstellung der ermüdeten Muskeln durch Ruhe innerhalb des unversehrten Muskels

aufgefunden hatten. Die ermüdenden Stoffe — Milchsäure und Kreatin — werden aus dem Muskel durch Blut und Lymphe theils ausgewaschen, theils unschädlich gemacht, indem diese alkalischen Flüssigkeiten die Milchsäure neutralisiren.

Aber auch die von Blut und Lymphe freien Muskeln zeigen ausserhalb des Organismus noch eine Erholung. Die Beobachtung Sarokow's, dass im Tetanus aus Kreatin sich das stark basische Kreatinin bilde, war im Stande auch diese Erscheinung zu erklären. Das Kreatinin ist fast wirkungslos auf den Muskel und Nerven. Indem also ein Theil des Kreatin's in Kreatinin umgewandelt wird, dient das neugebildete Kreatinin vermöge seiner basischen Eigenschaften zur Neutralisirung der Säure. Der directe Versuch bestätigte diese aprioristisch mit Nothwendigkeit sich ergebende Annahme.

Wir hatten so die Hemmungsvorrichtungen aufgefunden, aber es ergab sich nach diesem principiellen Fortschritt für uns noch die weitere Aufgabe, nach dem eigentlichen Grunde ihrer Wirksamkeit zu forschen.

Es gelang nachzuweisen, dass die elektromotorische Kraft des Muskels unter dem Einflusse der ermüdenden Stoffe stehe, dass dieselbe mit der grösseren Anhäufung von Milchsäure und Kreatin verschwinde, und dass sie sich wieder hervorrufen lasse, durch nachträgliches Wiederentfernen derselben. Da wir gezwungen sind, uns die Art des Zustandekommens der Oxydation des Muskels beeinflusst zu denken von der Stärke der in ihm kreisenden elektrischen Ströme, so gab uns schon diese Beobachtung Fingerzeige über die Art, wie die ermüdenden Stoffe eine Veränderung in der Grösse und der Richtung der Oxydationen und Zersetzungen im Muskel hervorbringen können.

Directer klärten uns über diese Wirksamkeit noch die nach dem Vorgang von Schönbein angestellten Versuche über die Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf Wasserstoffsuperoxyd auf. Wir erkannten, dass sie in kleinen Mengen vorhanden einen Ueberschuss von Ozon zu bilden vermögen, dass sie aber in bedeutenderen Quantitäten das gebildete Ozon alles anderweitig, zu ihrer eigenen Zersetzung (?), verwenden. Diese Versuche machen direct klar, wie sie in kleineren Mengen im Muskel anwesend primär seine Oxydationen steigern können, indem sie ihm activen Sauerstoff bereiten, secundär aber in grösseren Quantitäten, dadurch dass sie das gebildete Ozon alles ihm entziehen, die Oxydationen gänzlich zu vernichten im Stande sind.

Die Beobachtungen über die Wirkung der ermüdenden Stoffe auf die Gährung zuckerhaltiger Flüssigkeiten stehen mit diesen eben genannten Resultaten in vollkommener Uebereinstimmung.

Damit schliesse ich die vorliegende Untersuchung. Es ist gelungen, scheinbare Widersprüche des Experimentes wie ich hoffe befriedigend zu lösen. Trotzdem dass im Grossen und Ganzen die Grösse der Oxydationen und Zersetzungen im thierischen Organismus ihr Zustandekommen allein der gleichzeitig in demselben vorhandenen zersetzbaren Stoffmenge verdankt, werden die bei der Muskelarbeit frei verwendeten Spannkräfte doch durch eine innerhalb des Muskels vor sich gehende momentan gesteigerte Oxydation oder Zersetzung geliefert, deren scheinbar nothwendige Wirkungen auf eine Steigerung der Ausscheidungen des Organismus durch erkannte und in ihren Wirkungen verständliche Hemmungseinrichtungen vernichtet werden.

# Nachträge.

## I.

### Zu Capitel VIII: Der Fettgehalt des Muskels.

In der Berliner klin. Wochenschr. 1864 Nr. 49 u. 50 theilen die Herren Ph. Munk und E. Leyden eine sehr interessante Untersuchung mit: »Ueber Albuminurin und fettige Degeneration nach Vergiftung mit Schwefelsäure und anderen Säuren.« In Beziehung auf ihre Resultate kann auch der Anhang zu Cap. XVI meiner Untersuchung verglichen werden. Hier wünsche ich vor allem darauf aufmerksam zu machen, dass mir die von den genannten Autoren gewonnene Thatsache der fettigen Degeneration der Muskeln, besonders des Herzmuskels der mit Säuren vergifteten Thiere schön mit meiner Beobachtung der Zunahme des Fettgehaltes der Muskeln in Folge des Tetanus übereinzustimmen scheint. Die Anhäufung der Milchsäure durch den Tetanus im Organismus ist nur ein specieller Fall von Säurevergiftung. Anstatt dass dort die Säure bei den genannten Versuchen künstlich in den Organismus gebracht wurde, erzeugt sich dieselbe hier in Folge der Thätigkeit seiner Muskeln selbst. Das Resultat: fettige Degeneration, Anhäufung von Fett im Muskel ist hier wie dort das gleiche aus gleicher Ursache hervorgehend.

## II.

### Zu Capitel XII. § 4. Stickstofflose Nahrung und Capitel XI. § 3. S. 254 f.

Die *N*-Bestimmung im Kothe des Stärketages, welche im Text als verloren angeführt wurde, ergab 4,38 % *N* der trockenen Substanz. Auf die ganze Kothmenge gerechnet macht diess 1,31 Grm. *N*, welche aus dem Darme in Form von Darmepithelien und Verdauungssäften den Resten der *N*-freien Nahrung zugemischt wurden. Jedenfalls findet eine derartige *N*-Zumischung zum Kothe regelmässig statt, wenn sie auch meist sicher weit unter der oben mitgetheilten Grösse zurückbleibt. Mir scheint dieses Verhältniss mit Schuld an dem scheinbaren Plus in der *N*-Ausscheidung in den Gleichgewichtstagen (Capitel XI) gegenüber den *N*-Einnahmen bei dem Menschen zu tragen, da ja die *N*-Menge des Kothes als unverdaut von dem *N*-Gehalt der Nahrung

abgezogen wurde, während sie doch nicht unbeträchtlich grösser ist als diese in Wahrheit sein würde. Dieser Umstand muss die *N*-Ausscheidung scheinbar vergrössern. Die *N*-Zumischung im Darm hat die Dignität von dem *N* der Nahrung, und muss nothwendig mit zu den Einnahmen, nicht zu den Ausgaben gerechnet werden. — Diese Fehlerquelle besitzen nur die Stoffwechselversuche am Menschen und Pflanzenfresser (?); bei dem Fleischfresser, der einen sehr kurzen Darm besitzt und wenig Koth lässt, kommt sie — nach den Beobachtungen von C. Voit — nicht in Betracht.

## III.

### Zu Capitel XV. § 3. Das Kreatin in seinen Wirkungen auf den Muskel und Nerven.

Die mitgetheilten künstlichen Ermüdungsversuche eignen sich sehr wohl zu Vorlesungsexperimenten. Am auffallendsten ist die Erscheinung am Herzen, an welchem man ohne weitere Instrumente und Versuchsvorrichtung, was mir für die Demonstration von Werth scheint, die Ermüdung und Erholung zeigen kann. Die Milchsäure muss sehr verdünnt sein und man darf nicht unterlassen, sie in 0,7 % oder 0,5 % Kochsalzlösung einzuspritzen. So gelingt es durch einfaches Auswaschen mit der Kochsalzlösung allein, das Herz wieder zum Schlagen zu bringen. Das Kreatin, welches ich zu den Versuchen verwendete, war aus Hundeharn dargestellt durch Auflösen des rohen Harnstoffkuchens in kochendem Alkohol, aus welchem das Kreatin herauskrystallisirte und durch Umkrystallisiren gereinigt wurde. Anders dargestellte mit Kreatinin verunreinigte Präparate zeigen manchmal nur geringe oder keine Wirkung. Ich bin damit beschäftigt den Grund davon zu eruiren. Auch schwache Kalisalzlösungen in 0,5 % Kochsalzlösung lassen, wenn sie sehr kurz eingewirkt haben, eine vollkommene Beseitigung ihrer Wirkung auf das Herz zu. Ich bin in letzter Zeit geneigt die Kalisalze, welche ja auch bei der Zersetzung der Muskelsubstanz im Tetanus aus ihrer man könnte sagen organischen Verbindung frei werden müssen, ebenfalls unter die ermüdenden Stoffe zu rechnen. Weitaus aber am schönsten gelingt der Ermüdungsversuch mit der Fleischbrühe des wärmestarren Froschmuskels.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

# TETANUS.

## EINE PHYSIOLOGISCHE STUDIE

VON

**JOHANNES RANKE,**

DR. MED. UND A. O. PROFESSOR AN DER LUDWIG MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT IN MÜNCHEN.

**BAND II.**

I. Heft: Die Lebensbedingungen der Nerven.
II. Heft: Die Blutvertheilung und der Thätigkeitswechsel der Organe.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1871.

# DIE BLUTVERTHEILUNG

UND

# DER THÄTIGKEITSWECHSEL

# DER ORGANE.

EINE STUDIE

ZUR PHYSIOLOGIE UND HYGIEINE NACH UNTERSUCHUNGEN AUS DEM LABORATORIUM DES REISINGERIANUM'S IN MÜNCHEN.

HERAUSGEGEBEN VON

**JOHANNES RANKE,**

DR. MED. UND A. O. PROFESSOR AN DER LUDWIG MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT IN MÜNCHEN.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1871.

# Vorrede.

Die hier vorliegenden Untersuchungen wurden in den beiden Jahren 1869 und 1870 im Laboratorium des Reisingerianum's angestellt als directe Fortsetzung der Studien über Tetanus. Die Redaction erfolgte unter dem Eindruck des Liebig-Voit'schen Streites, dadurch haben die Betrachtungen in der Einleitung und vornehmlich in dem Schlusscapitel theilweise eine specifische Färbung erhalten.

Es würde mir eine grosse Genugthuung sein, wenn durch die hier gegebenen Gesichtspunkte Etwas zur Klärung der streitigen Fragen und zur Vereinigung der bestehenden und scheinbaren Gegensätze beigetragen würde.

Die im Folgenden gebrauchte Bezeichnung: Functionswechsel steht in gebräuchlicher Weise abgekürzt für: Functionirungs-Abwechselung = Thätigkeitswechsel.

Die Betheiligung der Herrn Dr. Dr. Daxenberger, Puille, Baldauf und Sydney an den Untersuchungen ist aus dem Register zu ersehen.

Mit diesen Beobachtungen sind die Aufgaben unserer Untersuchung über das Wesen der Muskelaction (Tetanus) keineswegs abgeschlossen, es werden weitere Publicationen vorbereitet.

München, den 1. Mai 1871.

**Johannes Ranke.**

# Inhalt.


Seite

Einleitung . . . . . 1

§. 1. Der Functionswechsel der Organe, seine vermuthlichen Ursachen und seine Stellung zu allgemeinen Fragen der Hygieine . . . . . 1

§. 2. Einfluss der Lehre vom Functionswechsel der Organe auf allgemeine Fragen der Physiologie, zunächst auf die Lehre vom Stoffwechsel . . . 8

§. 3. Untersuchungsplan . . . . . 19


## Abschnitt I.

### Betheiligung des Bluts am Gesammtstoffwechsel während der Ruhe und der Thätigkeit der Muskeln.

#### Capitel I.


Die Blutmengen geruhter Thiere mit Rücksicht auf den Stoffwechsel . . . . . 23

§. 1. Zur Methode der Blutmengenbestimmung . . . . . 23

§. 2. Vorversuche über die Nahrungsaufnahme von Kaninchen . . . . . 28

§. 3. Gesammtblutmengen geruhter Kaninchen, *vom Verfasser und Dr. E. Daxenberger* . . . . . 32

§. 4. Gesammtblutmengen von Fleischfressern . . . . . 38

§. 5. Gesammtblutmengen von Fröschen . . . . . 40


#### Capitel II.


Einfluss des Tetanus auf die Gesammtblutmenge . . . . . 43

§. 1. Zur Orientirung . . . . . 43

§. 2. Nachweis einer primären Verminderung und secundären Vermehrung der Gesammtblutmenge durch Muskelthätigkeit. . . . . 45

§. 3. Ueber Schwankungen in den festen Bestandtheilen und dem Wassergehalt des Bluts . . . . . 51


#### Capitel III.


Vertheilung des Bluts in den Organen geruhter Thiere . . . . . 55

§. 1. Methoden . . . . . 55

§. 2. Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungs- und Drüsenapparate geruhter lebender Froschmännchen. . . . . 58

§. 3. Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungs- und Drüsenapparate lebender geruhter Säugethiere . . . . . 63

§. 4. Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungs- und Drüsenapparate lebender und todter geruhter Kaninchen. . . . . 70

§. 5. Blutgehalt in den grossen Drüsen im lebenden und todten Thiere . . . 74


#### Capitel IV.


Veränderung der Blutvertheilung durch den Tetanus . . . . . 83

§. 1. Versuchsmethoden . . . . . 83

§. 2. Veränderung der Blutvertheilung durch längeren Tetanus bei Fröschen 84

§. 3. Veränderung der Blutvertheilung im Tetanus bei Kaninchen . . . . . 87

§. 4. Einige Versuche zur Demonstration der durch Nervenwirkung im Muskel veränderten Blutvertheilung . . . . . 90

§. 5. Volumsänderung der menschlichen Extremitäten durch Muskelarbeit . 93

Schlussbetrachtung des Abschnitts I. . . . . 96

# Abschnitt II.

Seite

## Die Betheiligung der grossen Organe am Stoffwechsel bei Ruhe und im Tetanus.

### Capitel V.

Die Thätigkeit der Leber und der Nieren unter dem Einfluss des Tetanus und der Muskelruhe . . . . . 101
§. 1. Vorbemerkungen . . . . . 101
§. 2. Versuchsbeispiele über Gallenabsonderung bei Kaninchen im Tetanus und Muskelruhe . . . . . 103
§. 3. Versuchsbeispiele über Harnabsonderung bei Hunden bei Tetanus und Muskelruhe . . . . . 107

### Capitel VI.

Die Betheiligung der Drüsen und des ruhenden Bewegungsapparates an der Kohlensäureproduction (Respiration) der Frösche, *vom Verfasser und Dr. L. Puille* . . . 122
§. 1. Methode . . . . . 122
§. 2. Versuche . . . . . 126

### Capitel VII.

Ueber das Verhältniss der einzelnen Organstoffwechsel zu dem Gesammtstoffwechsel bei Säugethieren und Menschen . . . . . 131
§. 1. Gewichtsverhältnisse der wichtigsten Körperorgane bei Kaninchen im Vergleich mit dem Menschen . . . . . 131
§. 2. Harnstoffausscheidung bei Kindern und Erwachsenen . . . . . 135
§. 3. Organgewichte verschiedener Thiere . . . . . 138

### Capitel VIII.

Erste directe Bestimmung der in 24 Stunden vom Menschen producirten Gallenmenge bei Muskelruhe . . . . . 144
§. 1. Bestimmung der 24stündigen Gallenproduction des Menschen . . . 144
§. 2. Vergleichung der direct gefundenen Werthe mit den für die Gallenproduction des Menschen bisher berechneten . . . . . 151
§. 3. Vergleichung der chemischen Zusammensetzung der Menschengalle nach den vorstehenden und älteren Bestimmungen . . . . . 154
Anhang . . . . . 157

### Capitel IX.

Einige Versuche über die physiologische Wirkung der Galle . . . . . 163
§. 1. Ueber die Ursachen des plötzlichen Todes bei Einspritzung concentrirter Gallenlösungen ins Blut, *vom Verfasser und Dr. med. Baldauf* . . . 164
§. 2. Einwirkung des frischen Lebersecretes des Kaninchens auf seine eigene Herzbewegung, *vom Verfasser und Dr. Sydney aus London* . . . . . 173

### Schlusscapitel.

§. 1. Der Functionswechsel der Organe . . . . . 175
§. 2. Physiologische Consequenzen des Thätigkeitswechsels der Organe für die Anschauungen über den Gesammtstoffwechsel . . . . . 177
§. 3. Der Nerve als vierter Factor des Stoffwechsels . . . . . 179
§. 4. Ueber Kraftquellen der Muskelaction . . . . . 183
*a.* Physikalische Kraftquellen . . . . . 183
*b.* Chemische Kraftquellen . . . . . 184
§. 5. Modificationen der Ernährungstheorie . . . . . 186
Anhang zu Capitel V. §. 2. . . . . 190

# Einleitung.

## §. 1.

### Der Functionswechsel der Organe,
### seine vermuthlichen Ursachen und seine Stellung zu allgemeinen Fragen der Hygieine.

Eine Reihe altbekannter Thatsachen spricht mit grösserer oder geringerer Beweiskraft dafür, dass zwischen der Thätigkeit der einzelnen Organe des animalen Körpers ein Wechsel in der Art existirt, dass unter normalen Bedingungen mit der gesteigerten Thätigkeit des einen eine entsprechend verminderte Thätigkeit eines oder aller anderen Organe eintrete.

Es mag hier genügen, auf die den Aerzten und jedem an Selbstbeobachtung Gewöhnten geläufige Erfahrung hinzuweisen, dass ein derartiges Wechselverhältniss in der Arbeit zwischen den Organen der Verdauung und dem Bewegungsapparat des Körpers existirt. Gesteigerte Nahrungsaufnahme, welche den Verdauungsapparat in volle Thätigkeit setzt, hindert die Bewegungsfähigkeit der Muskulatur. Man behauptet, dass ebenso übermässig gesteigerte Arbeitsleistung der Muskeln die Intensität des Verdauungsvorganges herabsetze.

Es ist einer der ersten Grundsätze der Physik des animalen Organismus, dass die Arbeitsleistung der Organe zunächst ihren Grund habe in Stoffwechselvorgängen, ein Grundsatz der vor allem durch J. v. Liebig in die Physiologie eingeführt wurde [1]). Durch den Umsatz der Organstoffe werden die Kräfte geliefert, die sich in der Thätigkeit der Organe äussern. Wie wir an Organen sehen, die vom Körper getrennt ihre Thätigkeit noch längere oder kürzere Zeit fortsetzen können, verlaufen diese kraftproducirenden Zustandsänderungen chemischer Stoffe zunächst im und am arbeitenden Organe. Während der Strom des Nahrungssaftes (Plasma) und Sauerstoff die Organe durchfliesst, finden diese Umwandlungen der Bestandtheile des Organs und Plasmas statt, welches letztere, so lange es im Organ sich befindet, ebenso als Bestandtheil desselben angesehen werden kann, wie die fester an das Organ gebundenen Stoffe, die sich direct nicht an dem Säftekreislauf im Organismus betheiligen [2]).

1) z. B.: Thierchemie. Die Bewegungs-Erscheinungen im Thierorganismus. S. 174—210. Speciell vergleiche man z. B. S. 200 Zeile 7—11. — 1848.

2) Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers S. 6 und 7. Th. L. W. Bischoff und C. Voit. 1860. Dasselbe findet sich: C. Voit, Untersuchung über den Einfluss etc. S. 9. 1860.

Was von der Thätigkeit der Organe gesagt wird, bezieht sich sonach direct auf den Organstoffwechsel, der sie allein ermöglicht.

Die gesteigerte Thätigkeit eines Organes, mit der die Krafterzeugung aus dem Stoffwechsel gleichen Schritt halten muss, scheint also einen Einfluss auf die anderen Organe desselben thierischen Körpers in der Art auszuüben, dass die Arbeitsfähigkeit, der Stoffwechsel der letzteren dadurch herabgesetzt wird.

Wir bezeichnen diese supponirte Wechselwirkung der einzelnen Körpertheile auf einander, deren genauerer Erforschung die folgenden Untersuchungen dienen sollen, als: **Functionswechsel der Organe.**

Der Grund für die Nothwendigkeit dieser Abwechselungen in der Organthätigkeit ist durch physiologische und ärztliche Beobachtung schon angedeutet.

Er scheint darin zu beruhen, dass durch die Thätigkeit der Organe die **Blutvertheilung** in den einzelnen Gefässprovinzen des Körpers und damit die Fähigkeit zum Stoffumsatz in denselben verändert wird.

Das Blut ist ein Hauptfactor für den Stoffumsatz. Es führt den Organen den zum Stoffwechsel unentbehrlichen Sauerstoff so wie einen grossen Theil der chemischen Stoffe zu, denen wir nach den oben citirten Stoffwechseluntersuchungen von Bischoff und Voit die Bezeichnung: Plasma, Blastem geben. Die Stärke des gesammten Säftestromes im Organe von Zelle zu Zelle steht zunächst, abgesehen von gewissen inneren Veränderungen im Organe selbst, in directem Verhältniss zur Blutzufuhr. Mit Recht können wir daher mit Voit und Anderen das Blut als Repräsentanten ansehen für das gesammte dem Organe zukommende Plasma. Der genannte Autor hält es wie wir für möglich, dass gewisse Nerven[1]) einen Einfluss auf den Stoffwechsel dadurch ausüben könnten, »dass sie den Zufluss vom Blastem zu dem Organ vielleicht durch eine Aenderung im Lumen der Gefässe«[2], womit der Organblutgehalt ab- und zunimmt, verändern.

Mit der Menge des dem Organe zuströmenden Blastems steigt und fällt aber, bei Gleichbleiben der übrigen Stoffwechselfactoren, der Umsatz von Stoffen im betreffenden Organe.

Die Factoren des Stoffwechsels sind nach den »Gesetzen der Ernährung des Fleischfressers« zunächst vier: Organ, Plasma, Sauerstoff und Nerve. Auf die Wirkung des letzteren werden wir erst zum Schluss der ganzen Untersuchung näher eingehen. Die Wirkungsgesetze der drei ersteren werden a. a. O. S. 8 in folgender Weise definirt:

»Die Umsetzung ist stets das Product der Einwirkung aller drei Factoren auf einander und ist derselben direct proportional.«

»Die Grösse der Umsetzung wird also steigen, wenn die Masse des Organs gross ist oder zunimmt; sie wird fallen, wenn die Masse des Organs klein ist oder abnimmt; innerhalb gewisser Grenzen immer unabhängig von der Menge des Plasma oder des Sauerstoffs.«

---

1) Man vergleiche das Schlusscapitel.

2) a. a. O. S. 227.

»Die Grösse des Umsatzes wird ebenso steigen, wenn die Masse des Plasmas zunimmt, auch, wenn das Organ noch nicht zunimmt, auch die Einwirkung des Sauerstoffs nicht zu–, sondern sogar vielleicht abnimmt. Sie wird abnehmen, wenn die Masse des Plasma abnimmt.«

»Die Grösse der Umsetzung wird endlich steigen, wenn die Menge des Sauerstoffs zunimmt, auch wenn die Masse des Organs oder des Plasmas nicht grösser wird oder selbst abnimmt; sie wird kleiner werden, wenn die Menge des Sauerstoffs direct oder indirect abnimmt.«

Das Blut führt, mit den oben gegebenen Einschränkungen, dem Organe die zwei zunächst veränderlichen Factoren des Stoffwechsels zu: Blastem und Sauerstoff. Je mehr Blut dem Organe zukommt, desto mehr wird sonach nach den Bischoff–Voit'schen Ernährungsgesetzen der Organstoffwechsel ansteigen [1]).

Für diese Auffassung sprechen direct auch die bekannten neuen Versuche von Ludwig und J. Müller [2]), welche einen grösseren Organstoffwechsel mit der reichlicheren Blutzufuhr zu dem Organ erweisen. Es wurde experimentell nachgewiesen, dass aus der dem Organe zugeführten reichlicheren Blutmenge mehr Sauerstoff von ersterem aufgenommen wird. Die Beschleunigung des Blutstroms hat dabei einen kleineren Erfolg in dieser Richtung wie die eigentliche Vermehrung des Organblutgehaltes selbst.

Eine weitere Hauptstütze erhält aber die vorgetragene Anschauung noch durch den experimentellen Nachweis, der schon vor Jahren geliefert worden ist [3]), dass das Organ, zunächst der Muskel, je nach seinem grösseren oder geringeren Blutgehalt eine grössere oder geringere Gesammtarbeit zu leisten vermag. Die Arbeitsfähigkeit des Muskels und damit sein Stoffumsatz steht nach diesen Experimenten in directem Verhältniss zu dem ihm zu Gebote stehenden Blute, so dass also für diese Organgruppe schon jetzt der Beweis geliefert ist, dass mit der gesteigerten Menge des Blastems und Sauerstoffs im Blute, über die das Organ zu verfügen vermag, seine Leistungsfähigkeit ebenso ansteigt wie mit der Organmasse selbst. Der Muskel vermag also auch Stoffe aus dem Blut (–Plasma) zur Kraftproduction für die Muskelarbeit zu verwenden wie sich das aus den Stoffwechsel–Gesetzen der Organe mit Nothwendigkeit direct ergibt.

Bei der Arbeitsleistung der Organe ändert sich nun die Blutvertheilung im

---

1) Durch die neuen Untersuchungen von M. v. Pettenkofer und C. Voit sind diese Ernährungsgesetze nicht umgestossen, sondern nun auch auf den Kohlenstoff- und Wasserstoffumsatz erweitert worden. Organ und circulirende Säftemasse, Blastem oder Plasma bezeichnet C. Voit, indem er ihren Antheil am allgemeinen Stoffwechsel noch näher studirte, bekanntlich neuerdings mit alleiniger Rücksicht auf den Stickstoffumsatz als Organ-Eiweiss und Vorraths-Eiweiss. Wir werden im Folgenden uns der älteren Ausdrucksweise, die weniger Missdeutung ausgesetzt scheint und die Sache allgemeiner fasst, bedienen.

2) Ludwig, Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig, IV. Jahrg. J. Müller, über die Athmung in der Lunge, a. a. O. S. 37—76. 1869.

3) J. Ranke. Tetanus S. 221—233. Beziehungen des Bluts zur Muskelarbeit.

Organismus in dem Sinne, dass den thätigen Organen mehr Blut zugeführt wird als den ruhenden.

Schon den älteren Physiologen und Aerzten war diese Veränderung der Circulation in den thätigen Organen eine bekannte Thatsache.

Um Einen für Viele anzuführen, so finden wir bei Magendie [1]:

»Der Kreislauf kann nicht fortdauern ohne — die Thätigkeit des Nervensystems, welches den grössten Einfluss auf die Schnelligkeit des Blutlaufes und die Vertheilung desselben in den Organen hat. In der That durch die Einwirkung des Nervensystems werden die Bewegungen des Herzens und folglich der Kreislauf des Blutes schneller oder langsamer; sodann lehrt die Beobachtung, dass, wenn die Organe willkürlich oder unwillkürlich thätig sind, sie eine grössere Blutmenge erhalten — —; und wenn ihre Thätigkeit vorherrschend wird, so nehmen die Arterien, die zu ihnen gelangen, bedeutend an Umfang zu, wenn dagegen die Thätigkeit abnimmt oder ganz aufhört, so werden die Arterien kleiner und lassen nur noch eine kleine Menge Blut zu den Organen gelangen. Diese Erscheinungen sind deutlich an den Muskeln, der Blutlauf wird in ihnen schneller, wenn sie sich zusammenziehen, wenn sie sich oft zusammenziehen, so nehmen ihre Arterien an Umfang zu; wenn sie gelähmt sind, so werden in ihnen die Arterien sehr klein und der Puls ist in ihnen kaum mehr fühlbar.«

Diese Veränderung des Blutstroms durch das thätige Organ im Sinne einer Steigerung der Blutzufuhr gleichzeitig durch Beschleunigung des Blutlaufs und Erweiterung der Gefässlumina, also durch Vermehrung des im Organ gleichzeitig enthaltenen absoluten Blutquantums haben vor längerer Zeit die bekannten Experimente Cl. Bernard's an den Speicheldrüsen und neuerdings die Versuche Ludwig's mit Sczelkow und Sadler an den Muskeln zum Theil nach ganz neuen, vollkommen exacten Beobachtungsmethoden bethätigt [2].

Schon äusserlich sehen wir bei der Muskelarbeit das Volum der thätigen Glieder zunehmen [3], eine Veränderung, die doch primär nur in einer Steigerung ihres Blutgehaltes oder Plasmagehaltes begründet sein kann. Auch alle weiteren Erscheinungen an der Körperoberfläche bei Muskelarbeit wie z. B. die stärkere Röthung, Wärmeabgabe und Wasserverdunstung an der Haut sprechen wenigstens bei dem Menschen dafür, dass hiebei mehr Blut in den peripherischen Körperorganen sich finde als während der Muskelruhe.

Was für die Muskeln und Speicheldrüsen gilt, behält seine Geltung auch für die Verdauungsorgane des Unterleibes, auch sie erhalten während ihrer Thätigkeit eine reichlichere Blutzufuhr.

Wir sehen bei Thieren, die in der Verdauung getödtet wurden, den gesammten Digestionsapparat reichlich mit Blut gefüllt, geröthet, während die gleichen Organe im Hungerzustand blass erscheinen. Die Magen- und Darmschleimhaut, das Pankreas zeigen diese Veränderlichkeit ihres Blutgehaltes auf

1) Grundriss der Physiologie, übersetzt von Heusinger. II. S. 329 f. 1820.
2) s. u. O. IV. Jahrgang. 1869. S. 77—100.
3) Vergleiche auch die folgenden Untersuchungen in Cap. 10.

das Deutlichste. Den Aerzten ist bekannt, dass bei der Verdauung die Leber eine vorübergehende, nicht unbedeutende Volumszunahme erfährt, die primär der Hauptsache nach auf einer reichlicheren Anfüllung ihrer Gefässe mit Blut beruht.

Frerichs sagt z. B. in seiner »Klinik der Leberkrankheiten«[1]:

»Die Nahrungsaufnahme äussert auf das Volum der Leber einen wesentlichen Einfluss. Während der zweiten Periode der Verdauung nimmt das Organ an Umfang und Gewicht zu, — wegen der Hyperämie, die alsdann sich einstellt, —. Nach anhaltendem Fasten wird die Drüse kleiner und leichter.« Er weist darauf hin, dass seine eigenen Bestimmungen des Lebergewichts mit denen von Bidder und Schmidt übereinstimmen und das gleiche Resultat wie jene ergeben.

Frerichs nimmt ganz in Uebereinstimmung mit den oben dargelegten Ernährungsgesetzen an, dass durch die gesteigerte Blutzufuhr die Functionirung des Organs und damit der Stoffwechsel in demselben gesteigert werde.

Er sagt[2]:

»Schon im Normalzustande unterliegt der Blutgehalt der Leber einem steten Wechsel, vermittelt durch den Digestionsprocess. Der vermehrte Blutzufluss zur Gastrointestinalschleimhaut und die lebhafte Resorption, beide nothwendige Begleiter des Verdauungsactes, steigern den Blutandrang zur Leber und veranlassen eine Schwellung der Drüse, welche durch die vermehrte Secretion und durch den gesteigerten Stoffumsatz in den Parenchymzellen wieder ausgeglichen wird.«

Es ist möglich, diese congestive Vergrösserung der Leber durch das Plessimeter nachzuweisen.

Die bisher beigebrachten Beobachtungen beweisen zunächst nur, dass die arbeitenden Organe mehr Blut erhalten als sie in der Unthätigkeit besitzen.

Ein directer Nachweis, in welcher Art sich die Gesammt-Blutvertheilung dadurch ändert, ist bisher noch nicht erbracht. Eine der Aufgaben für die folgenden Untersuchungen wird es sein, den Veränderungen nachzuspüren, welche die Blutvertheilung in den übrigen Organen dadurch erfährt, dass ein Organ oder eine ganze Organgruppe — wie Bewegungsapparat oder Verdauungsapparat — stärker thätig ist und damit mehr Blut zugeführt erhält.

Das Resultat dieser Untersuchung kann kaum zweifelhaft sein.

Wenn die Gesammtmenge des Blutes im Organismus eine ziemlich gleichbleibende ist während der Thätigkeit eines Organes, wofür in den folgenden Beobachtungen der Nachweis geliefert werden wird, so muss gleichzeitig etwa um ebensoviel, als mehr Blut den arbeitenden Körpertheilen zuströmt, den gleichzeitig ruhenden entzogen werden.

Während die Muskelaction den Muskeln eine gesteigerte Blutmenge zuführt, werden die übrigen Organe z. B. die des Verdauungsapparates weniger Blut erhalten. Darauf beruht vor allem der allen Aerzten bekannte Einfluss, den

---

1) Bd. I. S. 21.

2) a. a. O. S. 384 f.

die Muskelbewegung auf Congestivzustände z. B. des Intestinaldrüsenapparates ausübt. So finden wir z. B. wieder bei Frerichs [1]):

»Es gelingt meistens ohne Schwierigkeit — mittelst activer Bewegung in freier Luft, Reiten etc. — die Hyperämie der Leber zu mässigen oder zu heben.«

Die Thätigkeit der Muskeln entzieht dem Drüsenapparat einen Theil des Blutes und hebt damit seine überreichliche Blutfülle. Es ist einleuchtend, dass derselbe Vorgang sich stets bei jeder Muskelaction in grösserem oder geringerem Masse einstellen muss. Darauf beruht ein Theil des grossen hygieinischen Einflusses, den die active und passive Muskelbewegung: Reiten, Turnen, Fusswanderung etc. ausübt.

Umgekehrt sehen wir während der Verdauung die Apparate derselben von Blute strotzen. Es muss das anderen Organen, vor allem dem Bewegungsapparate entzogen werden. Und wir wissen ja schon, dass die Fähigkeit zur Arbeitsleistung der Muskeln während der Verdauung herabgesetzt ist. Wenn der Muskel während der Verdauung weniger Blut erhält als sonst während seines Ruhezustandes, so muss eine Herabsetzung seiner Leistungsfähigkeit die directe Folge sein, da ihm dann das Material zur Kräfteerzeugung durch Stoffumsatz: Sauerstoff und Blastem in geringerer Quantität zu Gebote stehen. Das gilt mutatis mutandis von den übrigen Organen ebenso.

Die gesteigerte Blutzufuhr zu den arbeitenden Organen muss in diesen den Stoffumsatz etwa um die gleiche Grösse steigern, um welchen derselbe in der Gesammtheit derjenigen Organe herabgesetzt wird, denen gleichzeitig ein Antheil ihres Blutes entzogen wurde. Da jedoch der Stoffwechsel in den verschiedenen Organen, wie wir experimentell erfahren, ganz verschiedene Intensität besitzt, so wird die behauptete Proportionalität doch immer nur eine unvollkommene sein können.

Krankhaft gesteigerte Blutfülle ubi stimulus ibi affluxus, pflegen die Aerzte z. Thl. mit Hautreizen und analogen Mitteln zu behandeln, wodurch mehr Blut an die künstlich gereizte Stelle sich begibt, dem erkrankten Organe dafür entsprechend entzogen wird. Der günstige Erfolg entspricht der Voraussetzung. Dieselbe bestätigt sehr energisch Valentin [2], wenn er schreibt:

»Die Congestion und Hyperämie einzelner Gegenden bilden daher nur die Ergänzungsstücke der Anämien anderer, so lange die Blutmenge die gleiche bleibt. Eine passende Ableitung wird die Ueberfülle beseitigen.«

Das bisher Beigebrachte scheint uns schon jetzt genügende Anhaltspunkte an die Hand zu geben, um mit aller Wahrscheinlichkeit als Grund für die Abwechselung in der Intensität der Thatigkeit der Organe, für ihren Functionswechsel den oben aufgestellten festzuhalten, nämlich die Veränderung der Blutvertheilung, wodurch den arbeitenden Organen mehr Blut, mehr Material zur Stoffzersetzung und damit zur Kräfteproduction zugeführt wird, während in den ruhenden Organen durch die entsprechende gleichzeitige Verminderung

[1]) a. a. O. S. 387.

[2]) Grundriss der Physiologie. IV. Auflage § 613.

ihres Blutgehaltes eine Herabsetzung ihres Stoffwechsels und damit ihrer Leistungsfähigkeit eintritt. Die folgenden Untersuchungen werden diesen Satz noch weiter zu begründen haben.

In der Abwechselung und gegenseitigen Ablösung in der Thätigkeit zwischen den einzelnen Organen liegt ein Hauptmoment des ungestörten Verlaufs der Gesundheit.

Anhaltender Nichtgebrauch der Muskulatur schadet bekanntlich nicht nur dieser Organgruppe selbst, dadurch dass die Ernährung derselben beeinträchtigt wird. Nach dem in den »Lebensbedingungen der Nerven«[1]) experimentell formulirten Ernährungsgesetz der Organe werden vor allem nur durch die Thätigkeit der Organe in diesen die inneren Bedingungen hervorgerufen, welche sie zu einer gesteigerten Stoffaufnahme, Ernährung befähigen. Die mangelnde Muskelthätigkeit wirkt aber auch nicht weniger schädlich auf die Thätigkeit der Verdauungsdrüsen. Die Gesundheit des Organs bedarf des Wechsels zwischen Ruhe und Thätigkeit, zwischen grösserer und geringerer Energie des Stoffumsatzes. Schlaf und Wachen sind derartige natürliche, regelmässige Abwechselungen zwischen der Thätigkeit der vegetativen und animalen Organgruppen im Grossen und Ganzen. Weitere derartige Abwechselungen werden, wie wir sahen, einerseits durch die Nahrungsaufnahme, andererseits durch gesteigerte Muskelthätigkeit hervorgerufen.

Personen und ganze Stände, welche durch ihren Lebensberuf zur überlangen, mehr oder weniger gänzlichen Muskelunthätigkeit gezwungen werden, müssen den Muskeln zur Erhaltung des allgemeinen Gleichgewichtes der Gesundheit durch zeitweise absichtlich bedeutend gesteigerte Thätigkeit, z. B. Turnen, Fechten, Reiten, Wandern, Tanzen ihren periodisch nöthigen Mehrantheil an Blut zuführen, theils zu deren eigener Ernährung, theils zur Entlastung der übermässig mit Blut überfüllten Unterleibsorgane.

Man muss das unruhige Treiben der nichtmechanisch arbeitenden Stände bei Tisch und in ihrer abendlichen Erholungszeit mit der behaglichen Musse des Arbeiters vergleichen, wenn er sich nach harter Anstrengung in der Zwischenstunde des Essens oder am Abend seiner Ruhe freut. Man wird dann einen lebhaften Eindruck davon erhalten, wie innere Naturgesetze, oft unbewusst, den verschiedenen Schichten der menschlichen Gesellschaft ihren charakteristischen Stempel aufdrücken. Für die eine Gruppe ist die Thätigkeit des Bewegungsapparates, für die andere die ungestörte Arbeit der Verdauungsorgane Bedürfniss der Erholung, die das Gefühl der Kraft und Gesundheit erweckt und deren Bestand bedingt.

1) J. Ranke, a. a. O. S. 82.

## §. 2.

### Einfluss der Lehre vom Functionswechsel der Organe auf allgemeine Fragen der Physiologie, zunächst auf die Lehre vom Stoffwechsel.

Die Aufgabe, welche die folgenden Untersuchungen zu behandeln haben, hat nicht allein hygieinische Gesichtspunkte, ihre Lösung wird auch für physiologische Grundanschauungen über gewisse Vorgänge im Organismus von Bedeutung werden.

Zuerst wird dadurch die Lehre vom Gesammt-Stoffwechsel animaler Organismen berührt.

Bei den sogenannten »Stoffwechselversuchen« hat man sich gewöhnt, es für die Entscheidung einer grösseren Reihe von Fragen für ausreichend zu halten, die Stoffe möglichst genau zu bestimmen, die als Nahrung in die der Untersuchung unterworfenen Organismen eingeführt werden, und mit diesen »Einnahmen« die dem Stoffverbrauch entstammenden »Ausscheidungsproducte«, die Ausgaben, zu vergleichen.

Durch derartige Versuche erhalten wir unter anderen werthvolle statistische Resultate über den Gesammtstoffverbrauch des Organismus bei wechselnder Qualität und Quantität der Nahrungszufuhr.

Diese Versuche lehren uns aber der Natur der Sache nach zunächst Nichts darüber, wo im Organismus diese Producte des Stoffwechsels sich gebildet haben, oder mit welcher Intensität in den einzelnen Organen des Körpers der Stoffumsatz stattfand, dessen Endproducte wir sammeln und analysiren.

Es ist auch vorläufig, schon ehe der Beweis experimentell erbracht ist, keinem Zweifel unterworfen, dass, auch abgesehen von den oben besprochenen Schwankungen in der Grösse des Stoffwechsels je nach dem Thätigkeitsgrade der Organe, die einzelnen Körpergewebe sich stets in verschiedener Intensität an dem Stoffumsatz betheiligen. Von jeher hat man dafür die Verschiedenheiten für massgebend gehalten, welche die Gewebe im Reichthum an Capillargefässen erkennen lassen. Es bedarf hier nur einer Erinnerung an die reichliche Anzahl an Capillaren der grauen Nervenmasse im Verhältnisse zur weissen, der Leber und anderer Drüsen im Verhältniss zu den Muskeln und dem Bindegewebe. Unzweifelhaft bestehen also schon in den verschiedenen Provinzen des ruhenden Organismus Differenzen in der Stärke des Umsatzes, worüber uns die allgemeinen Stoffwechselversuche selbstverständlich Nichts berichten können.

Nach der Darlegung der Veränderlichkeit der Stoffwechselbedingungen in den einzelnen Organen je nach ihrer Thätigkeit und Ruhe, wofür wir auch in der reichlicheren oder verminderten Blutzufuhr ein annäherndes Maass besitzen, ist es nun aber auch weiter von selbst klar, dass über diese Vorgänge allgemeine Stoffwechselversuche uns ebensowenig Aufschluss ertheilen können.

Wir sind nicht im Stande darüber Etwas nach den allgemeinen Stoffwechselversuchen auszusagen, ob das Plasma in diesem oder jenem Organe zersetzt worden sei, noch viel weniger natürlich, ob eine Steigerung der Zersetzung in

lem einen, eine correspondirende Verminderung derselben in einem anderen statthatte.

Heute und morgen kann die gleiche Stoffmenge in den Organismus eintreten, die gleiche Stoffmenge in den Zersetzungsproducten ausgegeben werden. Die Organe und die Quantität des Plasmas bleiben im Ganzen die gleichen. Auf dem Stoffumsatz des Plasmas und der Organe beruht die Kraftproduction des animalen Organismus, auch diese kann theoretisch betrachtet heute und morgen die gleiche sein. Aber heute, da eine gesteigerte Muskelthätigkeit verlangt wird, gehen die krafterzeugenden Stoffwechselvorgänge in gesteigertem Masse in den Muskeln vor sich, wo sich die freiwerdenden Kräfte der Einrichtung des Kraftübertragungsmechanismus, in dem sie wirksam werden, entsprechend zum Theil in äussere, mechanische Arbeit umsetzen können. Morgen dagegen, wenn weniger Muskelarbeit gefordert wird, concentriren sich in entsprechendem Masse die krafterzeugenden Stoffvorgänge in dem Drüsenapparat, wo sie, ebenfalls den eigenthümlichen Einrichtungen seiner Arbeitsmaschinen entsprechend, zum grösseren Theil nicht in äussere mechanische, sondern in innere, chemische Arbeit umgewandelt werden.

Die Gesammtsumme der Arbeitsleistung des Organismus bleibt also auf diese Weise die gleiche entsprechend der gleichen Grösse des Zersetzungsvorganges an beiden Tagen, aber der Schluss wäre doch sicher ungerechtfertigt, wenn wir behaupten wollten, daraus ginge hervor, dass in jedem einzelnen Organe in beiden Versuchszeiten die Stoffwechselvorgänge gleichgeblieben seien.

In den Organen schwankt unzweifelhaft die Grösse des kraftproducirenden Stoffwechselvorganges mit ihrer jeweiligen grösseren oder geringeren Thätigkeit. Es müsste aber als eine irrige Ueberschätzung der Tragweite der allgemeinen Stoffwechselversuche bezeichnet werden, wenn wir aus ihnen für oder gegen das Bestehen eines solchen Wechsels Etwas schliessen wollten.

Vielleicht scheinen die vorstehenden Betrachtungen so selbstverständlich, dass man versucht sein könnte, sie müssig zu nennen.

So natürlich der Gedankengang aber auch erscheinen mag, sobald er einmal formulirt ist, so fernliegend scheint er doch bisher einer Anzahl von Physiologen gewesen zu sein. Es scheint das wenigstens aus einem Theil der Discussionen hervorzugehen, welche die bekannten Untersuchungs-Resultate von C. Voit über den Einfluss der Muskelbewegung auf den Stoffwechsel zunächst des Fleischfressers hervorgerufen haben [1]).

J. v. Liebig hat, wie schon oben erwähnt, den Grundsatz ausgesprochen, dass die Muskelkraft dem Muskelstoffwechsel entstamme. Gesteigerte Muskelleitung correspondirt demnach mit einem gesteigerten Umsatz von Muskelstoffen.

Es gelang zuerst Helmholtz, E. du Bois-Reymond und Valentin [2]) in ihren bekannten Untersuchungen über den Stoffumsatz im ruhenden und thätigen Muskel diesen zunächst aus theoretischer Betrachtung hervorgegangenen Lehrsatz Liebig's experimentell zu erweisen. Es steht ein für allemal fest, und alle neueren directen Beobachtungen des Muskelstoffwechsels nach beiden

1) C. Voit, Untersuchungen über den Einfluss etc. S. 148—228.

2) Die Citate vergleiche man im »Tetanus« und den »Lebensbedingungen der Nerven«.

physiologischen Zuständen der Ruhe und Thätigkeit bestätigen es, dass der Umsatz im Muskel durch die Thätigkeit eine Steigerung erfährt.

Man war der Meinung gewesen, indem man nicht an die Möglichkeit des Bestehens eines Functionswechsels und anderer Einrichtungen zur Compensation des Stoffumsatzes in den Organen dachte, dass die gesteigerte Arbeitsleistung der Muskeln sich für den allgemeinen Stoffwechsel durch eine Mehrausscheidung von Stoffen fühlbar machen müsste. Und zwar glaubte man zunächst eine Mehrausscheidung von Harnstoff, oder im allgemeinen stickstoffhaltiger Stoffe in Folge der Muskelthätigkeit erwarten zu dürfen, da der Muskel durch dessen Stoffumsatz die Kraft zunächst geliefert wird, der Hauptmasse nach aus Albuminaten besteht, deren Umsatzproducte der Harnstoff und die übrigen stickstoffhaltigen Stoffe darstellen.

Die vermuthete Mehrausscheidung von stickstoffhaltigen Stoffwechselproducten, kurzgesagt von Stickstoff, dachte man sich also entsprechend der grösseren oder geringeren Arbeitsleistung der Muskeln zu- und abnehmen.

Diese letztere Vermuthung ist es, welche direct durch die Untersuchungen Voit's widerlegt worden ist.

Er fand, dass der Gesammtstoffwechsel der stickstoffhaltigen Körperstoffe durch äussere Arbeitsleistung nicht wesentlich, wenigstens nicht der Arbeitsleistung proportional gesteigert werde. Er sah bei dem in einem Tretrade messbare äussere mechanische Arbeit durch Drehen desselben verrichtenden Hunde, die Harnstoffausscheidung nur wenig und nicht proportional der geleisteten Arbeit ansteigen. Die bei der Arbeitsleistung eintretende geringe Vermehrung der Harnstoffausscheidung zeigte sich abhängig von dem jeweiligen Ernährungszustand, dem Plasmareichthum des Untersuchungsobjectes.

In seinen neueren mit M. v. Pettenkofer am Menschen und zwar an einem Arbeiter angestellten Versuchen fand sich bekanntlich gar keine Harnstoffvermehrung durch die Muskelthätigkeit. Andere Autoren haben am Menschen auch nur geringfügiges und schwankendes Ansteigen der Harnstoffausscheidung gefunden, das sich zumeist erst in der Periode der Muskelruhe nach Arbeit einstellt. Während der Thätigkeit selbst wurde sogar eine Verminderung [1]) beobachtet.

Die mit der geleisteten Arbeit nicht proportionale, geringfügige Ansteigung der Harnstoffausscheidung und damit des Umsatzes stickstoffhaltiger, harnstoffliefernder Körperstoffe im Gefolge der Muskelthätigkeit scheint, wie C. Voit mehr als wahrscheinlich gemacht hat, von Vorgängen bedingt zu sein, welche wie die bei der Muskelaction gesteigerte Herz- und Athemthätigkeit mit der Muskelcontraction nur indirect zusammenhängen.

Die Beobachtung C. Voit's beweist sonach den Satz dass bei gleicher Nahrung der Organismus über eine ziemlich gleichbleibende Kraftsumme disponirt, die zum Zwecke gesteigerter Muskelleistungen keine entsprechende Vermehrung erfährt.

---

1) Man vergleiche die folgenden Beobachtungen über Nierenausscheidung bei Ruhe und Tetanus.

Aber es ist unrichtig zu glauben, dass wir aus dieser Beobachtung irgend etwas über die Vorgänge im Muskel bei seiner Thätigkeit erfahren. Die Lehre J. v. Liebig's von der Erzeugung der Muskelkraft wird dadurch weder bestätigt noch widerlegt, sie wird in Wahrheit durch diese und alle allgemeinen Stoffwechselversuche wegen des Eintretens von Compensationen in keiner Weise berührt.

Die Arbeiten C. Voit's gingen aus den Untersuchungen J. v. Liebig's und Th. L. W. v. Bischoff's hervor und sind die directe Fortsetzung der von Th. L. W. v. Bischoff gemeinsam mit C. Voit angestellten oben mehrfach erwähnten Untersuchungen am Fleischfresser. Es sollte der Nerve, der dort einstweilen hypothetisch als ein vierter Factor des Stoffumsatzes neben Organ, Plasma und Sauerstoff aufgestellt worden war, in seinen Einwirkungen auf den Stoffwechsel experimentell geprüft werden, mit noch einigen anderen Einwirkungen auf den Stoffumsatz, über deren Einfluss bisher ebenso wenig Zweifel bestanden hatte wie über die Wirkung der Nerven. Die überraschende Thatsache, die Voit's Untersuchungen ergaben, dass der Stoffwechsel im Grossen und Ganzen von diesen als wirksam angesehenen Agentien nicht beeinflusst werde, hat anregend für die weitere Forschung gewirkt, und hat nun seit mehr als einem Jahrzehnt das erneute wissenschaftliche Interesse in Deutschland und England diesen Fragen zugelenkt. Auch die hierhergehörigen Untersuchungen des Verfassers wurden dadurch zunächst veranlasst.

Der Grund, warum das von C. Voit beobachtete Verhalten des Gesammtstoffumsatzes bei der Muskelarbeit bei seiner Bekanntmachung so sehr überraschte, ist offenbar der, dass man sich bis dahin den animalen Organismus zu einfach gleichartig mit einer der Arbeitsmaschinen unserer Technik, z. B. mit einer Dampfmaschine, glaubte vorstellen zu dürfen.

Auf den ersten Blick scheint wirklich die Analogie eine vollkommene.

Einmal sehen wir den animalen Körper ruhend, ein andermal sehen wir ihn mehr weniger intensive Leistungen nach aussen verrichten. Die Wissenschaft lehrt, dass dem Organismus seine mechanischen Leistungen durch Spannkräfte ganz in derselben Weise ermöglicht werden wie jeder anderen Arbeitsmaschine.

Die ruhende Maschine verbraucht aber keine, die arbeitende dagegen eine je nach dem Grade ihrer Thätigkeit grössere oder geringere Menge von Spannkräften, die ihr z. B. als Heizmaterial zugeführt werden. Danach scheint es zunächst als ein Postulat der Vernunft, dass die thierische Kraftmaschine, wenn sie äussere Arbeit leistet, ebenfalls mehr Spannkräfte verbrauchen muss als in der Ruhe, und da hier wie dort die Kräfte durch Stoffumsatz entstehen, auch mehr Stoffe dafür zersetzen muss. Ein arbeitender animaler Organismus müsste sonach, sollte man meinen — und es war diese Schlussfolgerung bis zu den Resultaten C. Voit's die allgemeine — der Arbeit entsprechend mehr verbrauchte Stoffe ausscheiden. Es müsste möglich sein, das mechanische Aequivalent der organischen Stoffdissociation aus der postulirten Mehrausscheidung des arbeitenden Organismus zu bestimmen.

Diese Anschauung, von der auch die Untersuchungen C. Voit's zunächst ausgingen, war es, die durch seine Resultate widerlegt wurde. Der Gesammtstoffverbrauch wird nicht proportional der Arbeit gesteigert.

Man hatte scheinbar logisch auf dem von J. v. Liebig gelegten Grunde fortbauend ein Lehrsystem über die Erzeugung der Muskelkraft und über den Einfluss, den dieselbe auf den Gesammtstoffwechsel ausüben sollte, aufgeführt.

Die Beobachtung C. Voit's schien das ganze Gebäude mit seinem Fundamente umzustossen. Zum Zweck der Erzeugung der äusseren Arbeit wird von dem Gesammtorganismus nicht mehr Stoff (Albuminate) zersetzt als in der Ruhe. Man hielt sich für berechtigt, zu schliessen: Der Muskelstoffwechsel bleibt bei Ruhe und Arbeit des Organes gleich.

Man schloss also wirklich von den Resultaten des Gesammtstoffverbrauchs auf den Stoffwechsel in einem einzelnen Organe, was wir oben als vollkommen unzulässig erwiesen haben.

Man kam dadurch zu einem, wie es schien, unlösbaren Widerspruch mit den Resultaten der directen Untersuchung des Muskelstoffwechsels, welche bekanntlich eine Steigerung des Muskelumsatzes entsprechend seiner gesteigerten Thätigkeit nachweisen.

Wie einfach gestaltet sich die Lösung dieser Aufgabe, wenn die Intensität des Stoffwechsels in den arbeitenden Organen gesteigert in den ruhenden gleichzeitig um etwa dieselbe Grösse vermindert ist. Im Grossen und Ganzen werden die Bedingungen des Stoffumsatzes, wenigstens der Zersetzung der Eiweisskörper, nicht wesentlich verändert bei Ruhe der Muskulatur und ihrer angestrengtesten Arbeit. Bei der Thätigkeit werden aber den Muskeln zunächst durch die Steigerung der Blut-, d. h. Plasma- und Sauerstoffzufuhr in höherem Masse die Bedingungen zur Stoffzersetzung und Kräfteproduction zugeleitet, in ihnen findet im Vergleich zu ihrem Ruhezustand eine Steigerung des Stoffwechsels, aller kraftproducirenden Momente statt, entsprechend ihrer vermehrten Kraftentwickelung. Gleichzeitig ist der Stoffwechsel in den übrigen Organen, herabgesetzt annähernd um die gleiche Grösse, um welche derselbe in der Muskulatur gesteigert ist. Das Resultat ist ein ziemliches, oder, wie es wenigstens theoretisch möglich erscheint, ein vollkommenes Gleichbleiben des Gesammtstoffumsatzes. Im Ganzen kann der Stoffwechsel ungeändert bleiben durch die wechselnde Thätigkeit der Organe, aber der Vorgang der kraftproducirenden Stoffzersetzung wechselt entsprechend der Blutzufuhr den Ort innerhalb des Organismus, indem beide in den arbeitenden Organen zu-, in den ruhenden dagegen in derselben Zeit etwa um ebensoviel abnehmen.

Mit dieser allgemeinen Compensation zwischen der Thätigkeit der verschiedenen Organe sind die möglichen Ausgleichungsvorgänge bei der Arbeitsleistung noch nicht erschöpft, wie aus den früheren Untersuchungen über »Tetanus« sich ergibt, und wie in dem folgenden Schlusscapitel noch einmal näher dargelegt werden soll.

Die Mehrzahl der Erklärungsversuche für das C. Voit'sche Resultat sieht nun aber von der Möglichkeit derartiger Compensationen mehr weniger vollkommen ab.

[illegible]e zur Erklärung der überraschenden Thatsachen schlossen [illegible]dem Einfluss des durch das Experiment nun widerlegten Ge-

nkenganges, der so lange als logisch Geltung gehabt hatte, ganz nahe an die- n an, sie gingen zunächst von ihm aus.

Man hielt es fortgesetzt für ausgemacht, dass ein gesteigerter Muskelstoff- echsel sich durch eine Mehrausscheidung im Harn oder durch die Lungen- nd Hautrespiration hätte zu erkennen geben müssen. Während es doch cheinbar müsste am nächsten gelegen sein, zuerst gerade diese Meinung zu estreiten.

So schliesst denn C. Voit von dieser Grundlage aus, die sein eigenes, ein ues Fudament legendes Experiment für immer als unhaltbar bezeichnet hatte, ekanntlich weiter, es wäre aus seinen Beobachtungen abzuleiten, dass im uskel während der Ruhe und Thätigkeit gleich viel Stoff zer- etzt, also eine gleiche Kraftsumme producirt werde. Der Wider- pruch, der sich dadurch mit dem Gesetze der Erhaltung der Kraft ergibt, wird urch eine zweite Hypothese beseitigt. Während der Ruhe entstünden aus der iweisszersetzung electrische Kräfte, die bei der Contraction des Muskels in ussere Arbeit übergehen. Die Hypothese statuirt also einen Kräfteausgleich im uhenden und arbeitenden Organ insofern, als durch Eiweisszersetzung zu- ächst Electricität gebildet wird, die nur bei der Thätigkeit des Muskels in ussere Arbeit ihrem mechanischen Aequivalente entsprechend umgesetzt erden soll.

E. du Bois-Reymond's »negative Schwankung des electrischen Muskel- troms« bei der Contraction wird dabei in dem Sinne eines Verbrauchs von lectricität zum Zwecke der Arbeitsleistung, im Widerspruch zur Theorie ihres Entdeckers, gedeutet.

Die erste Hypthese müssen wir, da bei ihr von dem allgemeinen Stoff- echsel auf den Umsatz in eine Organgruppe geschlossen werden will, mit Rücksicht auf die bestehenden Compensationen als unzulässig betrachten.

Damit wird der zweite Theil von C. Voit's Theorie über den möglichen Kräfteausgleich zwischen Electricität und Muskelkraft noch nicht geleugnet. Wir werden sogleich auf die Beurtheilung derselben zurückkommen.

Auf den gleichen Abweg, dass man von den Resultaten des allgemeinen Stoffwechsels auf Stoffvorgänge in einem einzelnen Organe schliessen wollte, kam man ebenso von oppositioneller Seite.

Da man hier wie dort annahm, dass ein gesteigerter Umsatz der Eiweiss- stoffe des Muskels sich hätte zeigen müssen in einer im Allgemeinen gesteigerten Abfuhr stickstoffhaltiger Zersetzungproducte, zunächst Harnstoff, so kam man auf den Gedanken, dass die von den Muskeln bei ihrer Thätigkeit entfalteten Kräfte eben nicht aus der Zersetzung eiweissartiger Stoffe herstammen könnten.

Die betreffenden Versuche lassen dann vielmehr mit demselben Rechte, mit der die angeführte Theorie C. Voit's auf sie begründet war, die andere Hypothese zu, dass die Muskelkraft nicht durch Eiweisszersetzung, sondern durch den Umsatz stickstofffreier Körperbestandtheile geliefert werde.

Gewichtige Thatsachen schienen für diese Anschauung zu sprechen. Längst war experimentell festgestellt, dass bei der Muskelarbeit die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe bedeutend gesteigert sei. Wenn der Umsatz der stickstoffhaltigen Körperstoffe nicht oder kaum, dagegen der Umsatz der stick-

stofffreien Bestandtheile, als dessen Hauptproduct die Kohlensäureabgabe erscheint, bedeutend gesteigert ist, so lag die genannte Ansicht gewiss nicht fern.

M. Traube trat mit der Hypothese, dass die stickstofffreien Körperstoffe die kraftproducirenden seien, gegen die C. Voit'sche Theorie hervor.

Die Untersuchungen von M. v. Pettenkofer mit C. Voit, die sich nun mit der Bestimmung der Gesammtausscheidungen des arbeitenden Organismus beschäftigen, haben dagegen neuerdings erwiesen, dass nicht nur die unter Umständen sogar ganz mangelnde Steigerung des Eiweissumsatzes, sondern auch die Steigerung des Gesammtstoffverbrauches, wie er sich mit Berücksichtigung der Veränderung der Respiration bei der Muskelarbeit zu erkennen gibt, offenbar keine einfache Beziehung zu der von den Muskeln bei ihrer Arbeit nach aussen abgegebenen Kraft erkennen lasse. Die Steigerung reiche gerade hin um die bei der Arbeit stattfindende Mehrverdunstung von Wasser, die je nach dem Körperzustand eine verschiedene ist, zu ermöglichen.

Bei dem Bestehen von Compensationen in unserem Sinne war dieses Resultat vorauszusehen. Nach unserer Meinung fällt die scheinbare Beweisführung M. Traube's wegen der Unrichtigkeit ihrer ersten Grund-Voraussetzung von selbst zusammen.

In der Mitte zwischen den beiden Extremen steht die Annahme, dass die C. Voit'schen Versuche ergeben, dass die Muskelkraft sowohl aus der Zersetzung von Eiweissstoffen als von stickstofffreien Substanzen entstehe[1]. Nach dem Vorstehenden sind die Grundlagen des dafür beigebrachten scheinbaren Beweises, dass nämlich die beobachtete Gesammtsteigerung des Stoffumsatzes ausreiche zur Erklärung der geleisteten Muskelarbeit, als im Principe fehlerhaft und mit ihnen der versuchte Beweis selbst zu verwerfen, der übrigens auch auf die oben erwähnte Steigerung der Wasserverdunstung bei Muskelarbeit keine Rücksicht nimmt.

A. Fick, der mit J. Wislicenus[2] in M. Traube's Richtung über die vorliegende Frage seine oft citirten Versuche angestellt hat, spricht die Meinung aus, dass der geringfügige Eiweissmehrverbrauch bei der Muskelaction, nur aus der Abnützung des eiweissreichen Bewegungsapparates entspringe[3]. Der Eiweissverbrauch wirke also ebenso wenig zur Erzeugung der Bewegungskraft in den Muskeln mit, als wir das für die abgeriebenen und ausgebrochenen Metalltheile annehmen dürfen, welche an einer arbeitenden Maschine gleichzeitig mit dem Brennmaterial, das sie in Bewegung setzt, zu Verlust geht.

Diese Ansicht würde nach ihren bisherigen Grundlagen ohne die Annahme von Compensationen zunächst dadurch unhaltbar, dass sich der so erklärte Eiweissverlust durch Abnutzung, die selbstverständlich dann bei jeder Bewegung eintreten müsste, in den schon citirten neueren Untersuchungen von M. v. Pettenkofer mit C. Voit am arbeitenden Menschen gar nicht zeigte, dass der betreffende Arbeiter sogar etwas weniger stickstoffhaltige Zersetzungsproducte während der Arbeitszeit ausschied als während der Muskelruhe.

1) Des Verfassers: Grundzüge der Physiologie, S. 552.

2) Ueber die Entstehung der Muskelkraft. Vierteljahrsschrift der Züricher naturf. Ges. X. 317—348. 1866.

3) Vergleiche auch Medicinische Physik. II. Aufl. S. 497 ff.

L. Hermann [1]) sucht auf die Beobachtungen C. Voit's seine Meinung mit zu begründen, dass der Muskelstoffwechsel in einem Spaltungsvorgange beruhe, bei welchem sich die Spaltungsproducte ganz oder theilweise durch Synthese wieder vereinigen.

Es ist klar, allen diesen bisher genannten Erklärungsversuchen liegt der gemeinsame Irrthum zu Grunde, dass von den Beobachtungen am Gesammtstoffwechsel ein Rückschluss erlaubt sei auf den Stoffwechsel einer einzelnen Organgruppe, speciell der Muskeln.

Auch ohne weitere Beweise für das Vorhandensein von Compensationen bei der Thätigkeit der Organe, als sie bis dahin vorlagen, hätte eine derartige Annahme nicht stattfinden dürfen. Man musste das Vorhandensein und Wirksamwerden solcher Ausgleichungsvorgänge wenigstens vermuthen und wäre dadurch vor ungerechtfertigten Schlüssen gewarnt worden.

Es geben uns Untersuchungen über den Gesammtstoffwechsel keinen Aufschluss und können ihn für's Erste auch nicht geben z. B. darüber, welche Stoffe zur Leistung der äusseren Arbeit eine Zersetzung erfahren, natürlich noch weniger welcher Art dieser kraftproducirende chemisch-physiologische Vorgang sei. Sie können uns ebensowenig lehren, ob im Muskel zum Zweck seiner gesteigerten Arbeitsleistung oder aus Abnutzung eine Mehrzersetzung stattfindet oder nicht, ob die bei dem Stoffumsatz frei werdenden Kräfte im Muskel direct in äussere Arbeit übergeführt werden, oder ob sie zuerst als Elestricität oder als Wärme erscheinen, um sich dann in äussere Arbeit umzusetzen.

Alle derartigen Theorien über den näheren Vorgang bei der Erzeugung der Muskelarbeit sind von den Untersuchungen über den Gesammtstoffwechsel der animalen Organismen vollkommen unabhängig.

Da kein nothwendiger Zusammenhang existirt, so werden derartige Hypothesen über die Krafterzeugung durch den Nachweis der Compensationen, wodurch die Resultate der allgemeinen Stoffwechselversuche nach dieser Richtung entwerthet werden, selbstverständlich zunächst nicht berührt.

Von J. v. Liebig stammt der Grundsatz, dass die Muskelkraft dem Muskelstoffumsatz entspringe. J. R. Mayer wendete das von ihm formulirte Gesetz der Erhaltung der Kraft auch auf physiologische Vorgänge an und präcisirte den Liebig'schen Grundsatz näher [2]). Er sieht, der damals eingebürgerten Lehre der Chemiker entsprechend in dem Stoffumsatz im Organismus eine mehr oder weniger einfache Oxydation. Die Kräfteform, welche aus den Oxydationen der Hauptsache nach entspringt, ist Wärme. Bei der Oxydation einer bestimmten Masse von Körperstoffen wird eine bestimmte Summe von Kräften frei, die im ruhenden Muskel nach Mayer's Annahme als Wärme, im arbeitenden als Wärme und Bewegung auftreten. Je mehr äussere Arbeit durch die Oxydation einer bestimmten Stoffquantität hervorgebracht wird, desto weniger Wärme kann derselbe Vorgang gleichzeitig liefern. Wärmeproduction und äussere Arbeit stehen, mit Berücksichtigung des mechanischen Aequivalents der Wärme in

1) z. B. Physiologie III. Auflage. S. 236.

2) J. R. Mayer. Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel. 1845. Liebig's Thierchemie erschien 1843.

einem umgekehrten Verhältniss: »der Muskel verwendet Wärme im Status nascens zu seiner Leistung« [1]). Man hat diese Darstellung oft so aufgefasst, als hielte Mayer den Muskel für eine kalorische Maschine, die Wärme in Arbeit umsetzt. Die citirten Worte zeigen wohl das Irrige dieser Interpretation. Im »status nascens« werden nach ihm die frei werdenden Molekularkräfte zur Muskelarbeit verwendet, also noch ehe sie wirklich in »Wärme« übergeführt würden.

Die Kräfte, welche bei dem Muskelstoffumsatz frei werden, sind aber nicht nur Wärme und äussere Arbeit, sondern auch noch Electricität, wie uns die Entdeckungen E. du Bois-Reymond's gelehrt haben.

Für alle drei Kräfteformen muss das von Mayer aufgestellte Wechselverhältniss ihrer Intensität gelten. Wenn wir für »Wärme« einfach setzen »Wärme und Electricität«, so bleibt der Mayer'sche Satz in Gültigkeit: »je grösser der Antheil der Zersetzungsproducte für die Wärme (= Wärme und Electricität ist, desto kleiner ist der Rest für mechanische Zwecke« [2]).

Die Gründe für die Annahme, dass die frei werdenden Spannkräfte direct oder erst nach ihrer Umwandlung in Electricität oder Wärme zur Erzeugung der Muskelkraft verwendet werden, müssen wir uns nach dem Obengesagten von anderer Seite holen, als von den allgemeinen Stoffwechselversuchen.

Wir haben in der Mechanik Instrumente, welche durch Wärme, andere welche durch Electricitätsverwendung äussere Arbeit liefern. Man bedarf zur Verwendung einer dieser Kräfteformen zur äusseren Arbeitsleistung gewisser Kraftübertragungsvorrichtungen. Es steht a priori Nichts im Wege anzunehmen, dass der Muskel ein Mechanismus sei, eingerichtet für die Arbeitserzeugung mit Verwendung der Electricität. Wir kennen nur eben die Art und Weise, wie er dafür eingerichtet ist, nicht.

Gewiss mit dem gleichen oder wohl mit grösserem Rechte könnten wir aber auch die andere Annahme machen, dass der Muskel eine zweckmässige kalorische Maschine sei, dass in dem Muskel mechanische Uebertragungsmechanismen für die Umwandlung der Wärme in äussere Arbeit enthalten seien.

Während wir bei der Hypothese über die Verwendung electrischer Kräfte zur Muskelarbeit keine wissenschaftliche Vorstellung besitzen, wie die Uebertragung stattfinden solle, während wir dabei allein auf ziemlich wenig zutreffende Analogien in unserer Vorstellung angewiesen sind, besitzen wir für die Lehre von der Uebertragung der Wärme in Muskelkraft einen Anhaltspunkt, der einem Beweise sehr ähnlich sieht.

Schmulewitsch hat uns gezeigt [3]), dass sich die Muskelsubstanz [4]) unter der Einwirkung der Wärme (zwischen 2—28° beim Froschmuskel) physikalisch verkürzt, dass sonach die von aussen auf den Muskel einwirkende Wärme eine Veränderung in ihm hervorruft im Sinne seiner speciellen Art der Arbeitsleistung. Wenn die Wärme nicht nur von aussen einwirkt, sondern im Muskel selbst, also an dem für ihre Verwendung geeignetsten Orte entsteht, so könnten wir uns die durch

1) a. a. O. S. 87.
2) a. a. O. S. 50.
3) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1867. S. 81.
4) Wie nach den Experimenten Joule's der Kautschuk und feuchtes Holz. Phil. Mag. d. XIV, S. 227.

sie hervorgerufene Veränderung (Verkürzung) noch von lebhafterer Wirkung denken [1].

Wir müssen nach diesen bisherigen experimentellen Erfahrungen der Meinung beipflichten, dass aller Wahrscheinlichkeit nach im Muskel Wärme zur äusseren Arbeit mit verwendet wird. Da vorläufig nur für diese Meinung eine genügende Begründung zu finden ist, so könnte man versucht sein, den Muskel nur für einen calorischen Apparat gelten zu lassen.

Man muss jedoch für die Erklärung so lange alle Möglichkeiten offen lassen, bis bestimmte Beweise für den absoluten Ausschluss der einen oder anderen beigebracht sind.

Im Muskel gehen Zustandsänderungen vor sich, die im Sinne einer Kraftproduction theils positiv, theils negativ wirksam werden. Die algebraische Summe aller dieser theils Kraft verbrauchender, theils Kraft liefernder Vorgänge ist das im Muskel vorhandene Kraftquantum. Es würde eine vorerst noch willkürliche Beschränkung der organischen Natur sein, wenn wir einer Kräfteform einen Vorzug für die Erzeugung der äusseren Muskelarbeit zusprechen wollten. Wir dürfen bis jetzt theoretisch nur annehmen, dass diese ganze Kraftsumme dem Muskel zur Verfügung steht, es ist möglich, und diese Möglichkeit ist noch nicht irgendwie beschränkt, dass dem Muskel die Verwendung der Wärme, Electricität und der Spannkräfte »im status nascens«, um mit Mayer zu reden, durch seine mechanischen Einrichtungen ermöglicht ist.

Das aber steht fest, dass uns die allgemeinen Stoffwechselversuche, ohne Rücksichtnahme auf bestehende Compensationen, der Lösung dieser Frage um keinen Schritt näher bringen können.

Ganz dasselbe gilt selbstverständlich, wenn wir nicht auf die Kräfte selbst, sondern auf die Stoffumsatzvorgänge unser Augenmerk richten, denen diese entstammen.

So erklärt es sich, dass man in dieser Hinsicht das unserer Betrachtung zum Ausgangspunkt dienende Factum des annähernden Gleichbleibens des Gesammtstickstoffumsatzes bei Ruhe und Muskelarbeit mit ziemlich gleichem Recht durch sehr verschiedene Annahmen erklären zu können meinte.

Man glaubte daraus, wie zum Theil schon oben angeführt, von verschiedenen Seiten schliessen zu dürfen, dass die Muskelkraft geliefert werde:

*a*) von einer Zersetzung der Eiweissstoffe, von welcher:
  *α*) Harnstoff,
  *β*) kein Harnstoff, sondern andere stickstoffhaltige sog. Extractivstoffe,
  *γ*) gasförmiger Stickstoff geliefert wird,
*b*) von einer Zersetzung der stickstofffreien Stoffe,
*c*) von einer Zersetzung der beiden Stoffgruppen,
*d*) von einem complicirten Vorgang von Dissociation und Synthese der Muskelbestandtheile.

Die Anzahl dieser erklärenden Möglichkeiten spricht für sich selbst.

Aber die angeführten ganz verschiedenartigen Hypothesen und wohl noch eine Anzahl weitere lassen sich aus dem Resultate der allgemeinen Stoffwechsel-

1) Schmulewitsch, Centralblatt f. d. med. W. 1870, S. 609.

untersuchung folgern und zwar mit ziemlich gleichem Rechte, da die Resultate des Gesammtstoffwechsels der bestehenden Compensationen wegen weder die eine noch die andere dieser Annahmen bestätigen oder verlangen.

Alle Stoffe, in welchen für den Organismus verwendbare Spannkräfte sich vorfinden, betheiligen sich, wenn diese freigemacht werden, an der Gesammtkraftproduction des Organismus und speciell des Muskels.

Es ist auch hier für's Erste rein willkürlich, einer Stoffgruppe vor der andern die Fähigkeit zuschreiben zu wollen, durch ihren Umsatz eine bestimmte Kräfteform dem Organismus zu liefern. Die organische Natur zeigt sich nirgends ärmlich in ihren Mitteln beschränkt. Die Vorgänge im Organismus sind so complexer Natur, dass eine einzige Ursache zur Erklärung derselben niemals ausreicht. Wahrscheinlicher als dass nur eine, ist die Annahme, dass alle im Muskel liegenden Kraftquellen zur Erzeugung der äusseren Muskelarbeit herangezogen werden können.

Wir wiederholen aber noch einmal, alle diese Fragen werden von den Untersuchungen über den allgemeinen Stoffwechsel, wegen der bestehenden Compensationen, nicht berührt, diese lehren uns Nichts über die Vorgänge in den einzelnen Organen.

Es sind zur Beleuchtung der hier vorliegenden Verhältnisse von anderen Autoren schon mehrmals Bilder und Gleichnisse verwendet worden.

Vor Allem ist das Bild einer calorischen Maschine beliebt. Wir wollen auch bei diesem stehen bleiben, wenn das Folgende zunächst auch ebenso auf eine durch Wasserkraft getriebene Maschine, ein Wasserrad, oder eine Turbine oder auf jeden anderen beliebigen Motor passen würde.

Denken wir uns eine Dampfmaschine von bestimmter Arbeitsleistung, welche vermittelst einer Transmission verschiedenen Arbeitsmaschinen Arbeitskraft zuführt. Jede Vermehrung der Arbeit einer der Arbeitsapparate, durch rascheren Gang oder durch Vermehrung der Widerstände, wird eine Reduction entweder der Gesammtarbeit aller andern Arbeitsmaschinen oder einzelner derselben herbeiführen.

Wer kann aber auf den Gedanken kommen, aus der Menge des dem Motor zugeführten Kraftquantums, in unserem speciellen Falle der Dampfmaschine, aus der Menge des Heizmaterials, oder aus der Menge des zu seiner Verbrennung verwendeten Sauerstoffs, oder aus der Menge der entstandenen Stoffumwandlungsproducte: der Kohlensäure und dem Wasser, oder aus der Asche einen Schluss zu wagen, ob der oder jener Arbeitsapparat heute gerade stärker als sonst in Anspruch genommen war, was und wie er gearbeitet habe.

Und doch ist der Schluss nur aus den allgemeinen Stoffwechselversuchen auf den Muskelstoff- und Kraftwechsel oder auf den Stoffwechsel irgend eines anderen Organes nicht weniger ungerechtfertigt.

Wir erfahren durch die Vergleichung der allgemeinen Zufuhr von kraftproducirendem Material mit der Abfuhr der Umsatzproducte aus dem Organismus nur Etwas über die Gesammtkraftsumme, die in einer bestimmten Zeit zur Verwendung kam, wie und wo aber diese Verwendung geschah, darüber lehren sie uns Nichts.

Wie sich in unserem obigen Gleichniss die Kraftzufuhr aus dem Kraftreservoir, der Dampfmaschine, zu dem stärker arbeitenden Apparate steigerte, so strömt aus einem Kraftreservoir des animalen Körpers, aus der Säftemasse, zunächst dem Blute, ein stärkerer Strom von Spannkräften zu dem arbeitenden Organe. Und wie dort, während der eine Apparat in gesteigerter Thätigkeit ist, die anderen in ihrer Kraftleistung entsprechend vermindert sind, so findet auch hier ein gleiches Wechselverhältniss zwischen der Thätigkeit der einzelnen Organe statt. Während der erhöhten Thätigkeit des einen ist die Thätigkeit der anderen entsprechend herabgesetzt.

Die Kraftsumme, die zur Verwendung kommt, kann gleich bleiben, obwohl ein Wechsel in der Intensität der Thätigkeit einzelner Organe oder Organgruppen eingetreten ist. —

## §. 3.

## Untersuchungsplan.

Die folgenden Untersuchungen sollen sich mit den Abwechselungen in der Thätigkeit und dem Stoffwechsel der einzelnen Körpertheile mit dem: Functionswechsel der Organe beschäftigen, eine Frage, deren vollkommene experimentelle Lösung die Kräfte eines Einzelnen freilich weit übersteigt.

Der Gang der Untersuchungen ist folgender:

Da wir in dem Blute ein Mass des dem Organ zur Verfügung stehenden Blastems und Sauerstoffs haben, zweier Grundbedingungen des Stoffwechsels, so war es zunächst geboten, die absolute Gesammtblutmenge der Thiere, die Veränderungen derselben unter physiologischen Einflüssen, vor Allem unter der Einwirkung der Muskelarbeit zu beobachten.

Die Vertheilung des Blutes in den Organen der Thiere bei Muskelruhe wird uns eine Reihe von Aufschlüssen über die Frage verschaffen, wie weit jedes einzelne Organ sich an dem Gesammtstoffwechsel mit betheiligt. Wir können auch in dieser Beziehung die im Organe gleichzeitig enthaltene Blutmenge als ein annäherndes Mass für die in ihm vor sich gehende Stoffzersetzung betrachten. Hier ist die Frage zu lösen, wie weit sich im ruhenden Zustande die die Hauptmasse des Körpers ausmachenden Bewegungsorgane: Muskeln, Nerven, Knochen an dem Stoffwechsel betheiligen, ein wie grosser Antheil dem Drüsenapparate daran zufällt.

Nachdem auf diese Weise ein Einblick in die quantitative Betheiligung der einzelnen Organe am Gesammtstoffwechsel bei verhältnissmässiger Ruhe der Muskeln gewonnen sein wird, muss der Blick gerichtet werden auf die Veränderung der Blutvertheilung durch eine angestrengte Thätigkeit womöglich der gesammten Stammmuskulatur. Hier werden wir die ersten Aufschlüsse über den gesuchten Functionswechsel der Organe erwarten dürfen.

Die Untersuchung wird jedoch bei dieser Weise der Beobachtung nicht stehen bleiben dürfen. Zu einer directen Inangriffnahme derselben bieten sich die grossen Drüsen mit beständiger Ausscheidungsthätigkeit zunächst dem beobachtenden Experimente dar. Die Galleabsonderung, die Nierenabsonderung sind uns direct ein Mass der in diesen Organen stattfindenden Stoff-

vorgänge. Diese Ausscheidungen müssen gemessen werden bei Ruhe der Muskeln und bei Arbeit derselben, um die Wechselwirkung der Thätigkeit der Organe auf einander direct nachzuweisen.

Ueber die Grösse des Muskelstoffwechsels in der Muskelruhe im Verhältniss zu dem der übrigen Körperorgane geben uns vielleicht Versuche Aufschluss an Thieren, die man zuerst im Vollbesitz ihrer Muskulatur, dann zum Vergleich nach Ausschneidung einer bestimmten Muskelmenge auf ihren Stoffwechsel untersucht hat. Offenbar werden sich hierzu vor allem kaltblütige Thiere eignen, welche operative Eingriffe besser ertragen als Warmblüter.

Eine Reihe anderer Fragen werden uns dabei noch gelegentlich aufstossen und, soweit sie dem Plane der Untersuchung nicht zu weit entfernt liegen, ihre Erledigung finden.

So werden hier, so viel mir bekannt, zum ersten Mal directe Bestimmungen der in 24 Stunden vom Menschen ausgeschiedenen Gallenmengen veröffentlicht werden.

Wir gehen zu den Versuchen selbst über; zunächst wenden wir uns zur Bestimmung der Gesammtblutmengen in geruhten Thieren.

# Abschnitt I.

# Betheiligung des Bluts

am

## Gesammtstoffwechsel

während der Ruhe und Thätigkeit der Muskeln.

# Capitel I.

## Die Blutmengen geruhter Thiere mit Rücksicht auf den Stoffwechsel.

### §. 1.

### Zur Methode der Blutmengenbestimmung.

Unter den verschiedenen Bestimmungsmethoden der Blutmenge von Thieren [1]) hat sich bis jetzt nur eine eines vollkommen wissenschaftlichen Zutrauens zu den mit ihrer Hülfe gewonnenen Resultaten zu erfreuen gehabt.

Die Welcker'sche Blutprobe [2]), welche auf der Voraussetzung der gleichen Hämoglobinmengen aus dem Blute des gleichen Individuums beruht, zeigt bekanntlich nach der gewöhnlich verwendeten volumetrischen Methode ausgeführt eine vollkommen genügende Genauigkeit zur exacten Entscheidung wissenschaftlicher Fragen, wenn es sich um die Blutmengenbestimmung in einer gegebenen wässerigen Blutlösung aus reinem Blute handelt. Es ist bei genügender Uebung nicht schwer, bei derartigen Bestimmungen, für welche Welcker seine Probe zunächst ersann und verwendete, dieselbe Genauigkeit in den Resultaten zu erlangen, die der Erfinder der Methode selbst an derselben rühmt. Und auch darin müssen wir ihm aus vielfältiger Erfahrung beistimmen, dass schon die ersten Versuche für Jemanden, der an physikalische Untersuchungen gewöhnt ist und eine normale Farbenempfindung besitzt, mit überraschender Schärfe ausfallen.

Verwendet man diese an sich so exacte volumetrische Methode der vergleichenden Hämoglobinbestimmung nun aber zur quantitativen Messung der Blutmengen eines thierischen Organismus, so kommen die vielfältig erwähnten Schwierigkeiten derselben zu Tage.

Heidenhain hat die Genauigkeit der Methode nach dieser Richtung geprüft [3]). Er fand die verschiedene Färbekraft des arteriellen und venösen Blutes bei dem

---

1) Valentin, Repertorium für Anatomie und Physiologie, III. Bd. 1838. pg. 284. Canstatt. Jahresbericht 1844. pg. 169. Lehmann, physiologische Chemie, II. Bd. 1853. pg. 234. Vierordt, Archiv für physiolog. Heilkunde. Bd. 10. pg. 450.

2) H. Welcker, Blutkörperchenzählungen und farbenprüfende Methode. Prager Vierteljahrsschr. IV. Bd. 1854. pg. 11. — Derselbe: der Gehalt des Bluts an gefärbten Körperchen. Archiv des Vereins für gemeinsch. Arbeiten, I. Bd. 1854. pg. 195. — Derselbe: Zeitschrift für rationelle Medicin III. Reihe. IV. Bd. 1858. pg. 145.

3) R. Heidenhain, Disquisitiones crit. et experiment. de sang. quant. in mammal. corp. extant. Halis 1857.

gleichen Individuum. Es ist nach seinen Bestimmungen die Färbekraft des arteriellen Blutes höher als die des venösen bei demselben Thiere, ein Resultat, welches mit dem meinigen im Principe übereinstimmt, doch fand ich den Unterschied meist gering, öfters fast in den Fehlergrenzen liegend.

Es entspringt aus der verschiedenen Färbekraft ein Fehler in der Angabe der Blutmenge für das Thier, die entsprechend etwas zu gross ausfällt, wenn man arterielles, zu klein, wenn man venöses Blut allein als Hämoglobinprobe verwendet hat.

Das verschiedene Färbevermögen des Blutes aus den verschiedenen Bezirken der Blutbahn hängt, worauf schon von anderer Seite aufmerksam gemacht wurde, wenn wir den Versuch unter den Bedingungun der volumetrischen Welcker'schen Blutprobe machen, wo stets die Blutlösung mit dem Sauerstoff des Wassers und der Luft in Berührung kommt, wie es scheint, zunächst nicht sowohl davon ab, dass das reducirte Hämoglobin stärker färbt als das sauerstoffhaltige, als davon, dass bekanntlich die Concentration des Blutes die Menge der farbigen Körperchen und damit der Gesammthämoglobingehalt in den verschiedenen Gefässprovinzen verschieden ist.

A. v. Bezold hat vorgeschlagen [1]), den Antheil, welchen die beiden Modificationen des Hämoglobins an der Ungenauigkeit haben könnten, dadurch auszuschliessen, dass man vor dem Versuch alles Hämoglobin in Kohlenoxyd-Hämoglobin umwandelte. Der Nutzen dieser Umwandlung liegt auf der Hand. die Farbe des arteriellen und venösen Blutes ist dann gleich.

Bei der practischen Ausführung, die zunächst noch unter A. v. Bezold's Leitung Dr. Gscheidlen [2]) versuchte, stellen sich Schwierigkeiten in den Weg. Dr. Gscheidlen suchte das Blut durch Einleiten von kohlenoxydhaltigem Leuchtgas mit Kohlenoxyd zu sättigen, nachdem die Thiere durch dasselbe Gas getödtet waren.

Eine Anzahl von Versuchen ergab mir, dass auch nach längerem Einleiten von reinem Kohlenoxydgas in Blut und Blutlösungen die Ueberführung des Hämoglobins in Kohlenoxydhämoglobin noch nicht vollkommen gelungen war, sodass eine Blutprobe nach dem Einleiten unter Umständen also noch als eine uncontrolirbare Mischung aus gelöstem Kohlenoxydhämoglobin, Oxyhämoglobin und reducirtem Hämoglobin erscheinen kann, dass somit zu den zwei zuerst vorhandenen uncontrolirbaren Factoren nun noch ein dritter ebensowenig bestimmbarer hinzukommt. Die Verschiedenheiten der Concentration der Hämoglobinlösung, d. h. des Blutes in den verschiedenen Bezirken des Organismus wird selbstverständlich dadurch nicht beseitigt. Es würde sich also doch immer noch, auch wenn alles Hämoglobin in Kohlenoxydhämoglobin im lebenden Organismus umgewandelt wäre, eine Berücksichtigung des venösen und arteriellen Blutes im Heidenhain'schen Sinne empfehlen.

Jedermann weiss, dass die Sättigung des Hämoglobins mit Kohlenoxyd in dem Augenblick des Todes von Säugethieren durch dieses Gas fast immer erst theilweise eingetreten ist [3]), so dass die gewünschte Ausgleichung des Blutes.

1) Würzburger physiol. Untersuchungen Bd. III. pg. 448.

2) a. a. O. S. 448 ff.

3) Man vergl. dagegen J. Masia, Zur qualitativen Blutanalyse, Virchow's Archiv XXXII

e eine Vernachlässigung des von Heidenhain entdeckten Versuchsfehlers vielleicht rechtfertigen würde, bei durch Kohlenoxyd vergifteten Säugethieren so ohne Weiteres wohl nicht angenommen werden darf.

Nur bei kaltblütigen Thieren, z. B. Fröschen, die bekanntlich viele Stunden lang in reinem Kohlenoxydgas leben, ist beim Tode die Sättigung des Hämoglobins mit Kohlenoxydgas wohl immer eine vollkommene.

Der Vorschlag Bezold's lässt sich nach dem Gesagten dahin präcisiren, dass es für die volumetrische Welcker'sche Blutprobe wünschenswerth ist, den Unterschied zwischen Oxyhämoglobin und reducirtem Hämoglobin zu verwischen und alles Hämoglobin in eine einzige Modification überzuführen. Da es sich aber eben nachweisen liess, dass die Ueberführung eines Theiles des Hämoglobins in Kohlenoxydhämoglobin durch Vergiften eines Säugethiers mit Kohlenoxyd bei der quantitativen Blutmengenbestimmung die Berücksichtigung des arteriellen und venösen Blutes nicht unnöthig macht, so können wir von dem primären Gedanken Bezold's an Kohlenoxyd absehen und die Gleichheit des Hämoglobins in den verschiedenen Proben dadurch zu erreichen suchen, dass wir seine Gesammtmenge in Oxyhämoglobin überführen. Es gelingt das in der leichtesten und einfachsten Weise bekanntlich durch Schütteln der geeignet verdünnten Blutlösung mit Luft, wodurch alles etwa vorhandene reducirte Hämoglobin im Sauerstoff gebunden wird. Das Schütteln wird mit beiden Proben vor der Farbenvergleichung ausgeführt, wozu sie in Glaskolben von entsprechender Grösse gebracht werden, aus denen sie vorsichtig in die Hämoglobinoscope zurückgegossen werden. Als solche verwende ich gerne neben den Gefässen Hoppe's mit planparallelen Glasplatten auch noch zur definitiven Entscheidung über die Farbengleichheit die alten Welcker'schen Glasröhren. Glasröhren von der gleichen Weite wie die Hoppe'schen Gefässe aus dem gleichen Glase, von genau gleicher Glasdicke und Weite im Lichten, haben vor den parallelwandigen Gefässen voraus, dass wir bei ihnen bei der Untersuchung im durchfallenden Lichte nicht nur die eine Farbenstärke vor dem Auge haben, die dem grössten Durchmesser des Gefässes entspricht, sondern dass wir die Farbe in den zartesten Unterschieden von den Rändern der Röhrchen bis zur Mitte zunehmen sehen. Das Auge hat daher, wenn es zwei solche mit den zu vergleichenden Blutlösungen gefüllte Röhren betrachtet, eine grössere Summe von Eindrücken gleichzeitig zu vergleichen, die alle identisch sein müssen, wenn die Blutproben gleich concentrirt sind.

Die Heidenhain'sche Berücksichtigung der verschiedenen Färbekraft des arteriellen und venösen Blutes macht die Voraussetzung, dass im Organismus die Menge der beiden Blutarten gleich gross sei, und dass in den verschiedenen Gefässprovinzen die Färbekraft des venösen Blutes keinen wesentlicheren Schwankungen unterliege. Es genügt darum, aus einer beliebigen Vene und Arterie Blut zu entnehmen und mit diesen Proben die Bestimmungen auszuführen, das Mittel aus beiden Resultaten ergiebt dann den wahren Blutgehalt des Thieres. Obwohl die beiden Voraussetzungen nicht stricte richtig sind, so müssen wir doch in Ermangelung einer vollkommneren Methode bei der auf ihnen basirenden festhalten. Käme es dagegen darauf an, nicht die Menge des flüssigen Blutes, sondern die Gesammtquantität des Hämoglobins zu bestim-

men, was unter Umständen noch von grösserer wissenschaftlicher Bedeutung sein kann, so würde eine directe Hämoglobinbestimmung etwa auf optischem Wege nach PREYER [1]) in einer irgendwie gewonnenen Blutprobe genügen, mit welcher man dann volumetrisch nach der WELCKER'schen Weise die Gesammtwaschflüssigkeit vergleichen kann. Hier fällt also der Unterschied zwischen venösem und arteriellem Blute weg, wenn wir nicht vergessen, zuerst alles Hämoglobin in Oxyhämoglobin überzuführen. Bei den folgenden Versuchen kam es aber auf die Menge des Gesammtblutes, vorerst abgesehen von seinem Hämoglobingehalte und seiner übrigen Zusammensetzung an und der genannte Unterschied war sonach zu berücksichtigen.

Zur Vereinfachung der Bestimmung wurde bei Säugethieren venöses und arterielles Blut zur Hauptblutprobelösung in gleichem Volumen gemischt. Dadurch war eine doppelte Bestimmung unnöthig gemacht, die gewonnenen Zahlen geben direct im HEIDENHAIN'schen Sinne die Blutmengen der Thiere an.

Noch wichtiger als die ebengenannten Factoren, welche bei einer exacten Blutmengebestimmung nach WELCKER's Methode Berücksichtigung erheischen, sind andere, die sich 1) auf die erforderliche Reinheit der Blutlösungen, 2) auf die Gewinnung alles Haemoglobins in wässrige Lösung, 3) auf das Verhältniss des Organfarbstoffs zu dem Blutfarbestoff, 4) auf die exacte Gewichtsbestimmung des zu untersuchenden Thieres beziehen.

Wie schon gesagt, bezieht sich die oben gerühmte Genauigkeit der volumetrischen Methode nur auf reine Blutlösungen. Sie müssen vor allem vollkommen klar sein, um bei durchfallendem Lichte untersucht werden zu können. Auffallendes Licht lässt die Farbendifferenzen viel weniger scharf erkennen.

Die zuerst gewonnene gemischte Blutprobe entspricht vollkommen diesem Bedürfnisse, ebenso das weiter ausgeflossene Blut. Die durch Ausspritzen des Körpers und noch mehr durch Auslaugen und Auspressen der feingehackten Organe mit Wasser gewonnenen Waschflüssigkeiten zeigen sich dagegen primär stets mehr weniger trüb und undurchsichtig. Hierin liegt eine der Hauptschwierigkeiten der Bestimmung. Nach längerem Stehen klären sich die Flüssigkeiten von selbst, aber erst durch öfteres Filtriren durch mehrfache Filter von dichtem Papier gewinnen sie die nöthige Reinheit, die eine exacte Vergleichung ermöglicht. Hier hat nun die grösste Treue in der Versuchsausführung Aussicht auf Erfolg. Die gefärbten Waschwasser werden daher nicht gemischt, gemeinsam untersucht werden dürfen. Die verschiedenen Portionen der Blutflüssigkeiten: ausgeflossenes, ausgespritztes und abgewaschenes Blut, die mehrfachen Extracte der gehackten Organe erfordern eine gesonderte Prüfung. Die gehackten Eingeweide mit Gehirn und Rückenmark sind von den Bewegungsorganen und Haut getrennt auszuziehen, da alle diese genannten Blutlösungen verschieden leicht und vollständig auf den erforderlichen Grad der Reinheit gebracht werden können. Wenigstens Leber, Gedärme und Nervencentren müssen unter allen Umständen von den übrigen leichter vollkommen klare Lösungen gebenden Theilen des Körpers bei dem Auslaugen getrennt

1) Annalen der Chemie und Pharm. CXL, S. 187—200.

bleiben. Die Mühe des Versuchs wird dadurch freilich vervielfacht. Doch schärfen die mehrfachen Vergleichungen für jeden Einzelversuch die Fähigkeit der Farbenunterscheidung, was der Genauigkeit des Gesammtversuchsresultates zu Gute kommt.

Der zweite Punkt, auf den wir noch die besondere Aufmerksamkeit lenken müssen, ist die Nothwendigkeit der Gewinnung alles Haemoglobins in wässrige Lösung. Man kann das nur durch mehrmaliges Auslaugen der zerhackten, durch Verbluten und Ausspritzen mit Brunnenwasser schon möglichst von Blut befreiten Organe erreichen, nicht mit Kochsalzlösung von $^1/_2$—$1\%$, welche die Diffusion des Haemoglobins in die Waschflüssigkeit mehr weniger hindert, noch mit destillirtem Wasser, das die Blutkörperchen zwar rasch zerstört, die Gewebe aber auch zu stark imbibirt, so dass es nicht möglich ist, die Flüssigkeit genügend aus ihnen wieder auszupressen. Der Versuch die Gesammthämoglobinmenge zu erhalten durch Ausspritzen der Gefässe des sonst unverletzten Thieres mit Kochsalzlösung von $^1/_2$—$1\%$ oder Brunnenwasser oder gar mit destillirtem Wasser gibt unter allen Umständen ein unvollkommenes Resultat. Die Gewebe zeigen unter dem Mikroskope stets noch einen Gehalt an Blutkörperchen respective Blut, über dessen Menge man ein wissenschaftliches Urtheil vollkommen entbehrt, so dass der Fehler nicht einmal annähernd geschätzt werden kann. Jeder, der Ausspritzungsversuche in grosser Anzahl gemacht hat, kann diese Angabe bestätigen. Es können sonach Versuche, welche die Gesammtblutmenge durch Ausspritzen der Gefässe zu sammeln unternehmen, niemals auf volle Genauigkeit Anspruch machen.

Es führt uns diese Bemerkung sogleich auf einen weiteren, dritten Punkt, der unsere Berücksichtigung in Anspruch nimmt: auf das Verhältniss des Organfarbstoffs zum Blutfarbestoff bei diesen Versuchen. Man hat versucht[1]) die Menge des Organfarbstoffes resp. des Muskelfarbstoffes, der mit dem Blutfarbestoff identische Eigenschaften zu besitzen scheint[2]), dadurch einer gesonderten quantitativen Bestimmung zu unterwerfen, dass man zuerst die Gesammtblutmenge bestimmte durch Ausspritzen der Gefässe mit Kochsalzlösung von $^1/_2\%$, welche in die Gewebe der Säugethiere gar nicht oder doch nur langsam imbibirt, und die, wie schon gesagt, auch die Diffusion des Hämoglobins aus den Blutkörperchen und von da in die Gewebe hindert. Die aus den zerhackten Muskeln nachher noch mit Wasser ausgelaugte mehr weniger, oft freilich nur noch schwach gefärbte Flüssigkeit sollte dann nur den Muskelfarbstoff enthalten. Es steht dieser Methode kein anderes Bedenken entgegen als das, dass eben auch aus den Muskeln durch Ausspritzen nicht alles Blut vollkommen entfernt werden kann, so dass sich also der Farbstoff des restirenden Blutes dem Muskelfarbstoff zumischt und als solcher in den Resultaten erscheint. Dass, wie zu erwarten, diese Zumischung von Blut eine schwankende Grösse sei, scheinen auch die Zahlen zu ergeben, die Dr. Gscheidlen für den Muskelfarbstoff anführt[3]), welche grosse Differenzen zeigen. Ein grösseres

1) Gscheidlen a. a. O.

2) Kühne, Ueber den Farbstoff der Muskeln. Virchow, Archiv. Bd. 33, pg. 79. Derselbe, Lehrbuch der physiolog Chemie 1868. S. 288.

3) a. a. O. pg. 153.

wissenschaftliches Vertrauen dürften nur seine Minimalzahlen beanspruchen können. Da diese Schwierigkeiten sich für jetzt nicht exact überwinden lassen, so musste hier von einer gesonderten Bestimmung des Muskelfarbstoffes und des Hämoglobins des Blutes abgesehen werden. Der Gallefarbstoff, soweit er in der Gallenblase enthalten ist, lässt sich ohne Schwierigkeit aus den Versuchsergebnissen ausschliessen, unmöglich ist das dagegen bei dem in dem Parenchym der Leber selbst enthaltenen, der also stets einen uncontrolirbaren Versuchsfehler bedingt. Von den Farbstoffen der übrigen Organe gilt m. m. das von dem Muskelfarbstoff Gesagte.

Der vierte und letzte Punkt unserer Betrachtung bezieht sich auf die Gewinnung des wahren Gewichtes der auf ihre Blutmengen zu untersuchenden Thiere.

Bei Fleischfressern bietet diese Aufgabe nur sehr geringe Schwierigkeiten anders bei den Nagethieren, von denen besonders das im Stall gefütterte Kaninchen stets eine so enorme Menge von Nahrungsresten in Magen und Darmcanal besitzt, dass dadurch das Gesammtgewicht auf das Wesentlichste beeinträchtigt wird. Ich kann nicht damit übereinstimmen, wenn man es für möglich hält, das wahre Körpergewicht (Reingewicht) von Kaninchen dadurch zu finden, dass man von dem direct bestimmten Rohgewicht des Thieres eine aus mehrfältigen Bestimmungen an anderen Individuen gefundene Mittelzahl für die s. v. v. Kothmenge in Magen, Darm und Harnblase desselben abzieht. Es kann vorkommen, dass bei Thieren von gleichem Alter, gleicher körperlicher Ausbildung und fortgesetzt gleicher Fütterung in demselben Locale die Kothmengen eine ziemliche Uebereinstimmung zeigen, aber es muss trotzdem nach den im Folgenden mitzutheilenden Bestimmungen und Resultaten verlangt werden, dass für die Erlangung des Reingewichtes bei jedem Kaninchen eine directe Bestimmung der Quantität seines Magen- und Darminhalts gemacht werde[1].

Diese letzte Betrachtung leitet uns zu den Versuchen selbst über.

## §. 2.

### Vorversuche über freiwillige Nahrungsaufnahme von Kaninchen.

In Folgendem wird eine Anzahl von Blutbestimmungen an Kaninchen mitgetheilt werden, bei denen ohne Ausnahme das Reingewicht direct bestimmt worden ist, durch Wägung des Kothes. Es wurde dadurch der Versuch selbst wesentlich erschwert. Doch hat die auf die hier gegebenen Verhältnisse gelenkte Betrachtung einige nicht unwichtige Resultate ergeben, die sogleich einleitend angeführt werden sollen. Wir werden aus ihnen vorläufige Gesichtspunkte für die Deutung später mitzutheilender Resultate erhalten. In der folgenden Tabelle sind die directen Wägungsresultate das Darm- und Mageninhaltes und des Rohgewichtes und die daraus berechneten Verhältnisszahlen zusammengestellt. Die Wägung des Kothes ist mit der grössten Genauigkeit ausgeführt, Gewichtsdifferenzen unter einem Gramm wurden der Rechnung wegen ausgeglichen. Der Inhalt des Magens, und Darms wird in den folgenden

1) Der Blaseninhalt kann durch Druck gegen die Blase vor der Bestimmung des Rohgewichtes entfernt werden.

Tabellen als Darminhalt oder Koth bezeichnet, derselbe Sinn ist den letzteren Worten auch in den folgenden Auseinandersetzungen beizulegen. Im Uebrigen erscheint die Tabelle an sich verständlich.

Tabelle I.

**Ueber den Darminhalt der Kaninchen.**

| Versuchs-Nummer. | Rohgewicht in Grammen. | Reingewicht in Grammen. | Grammen. | Kothgewicht in Procenten des Rohgewichts. | Verhältniss zum Rohgewicht. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 307,5 | 221,5 (ganz fettlos) | 86 | 27,9% | 1 : 3,6 |
| 2. | 399 | 288 | 111 | 27,9% | 1 : 3,6 |
| 3. | 569 | 418 | 151 | 26,5% | 1 : 3,7 |
| 4. | 608 | 468 | 140 | 23,0% | 1 : 4,3 |
| 5. | 631 | 520 | 111 | 17,6% | 1 : 5,6 |
| 6. | 743 | 626 | 117 | 15,7% | 1 : 6,3 |
| 7. | 773 | 685 | 88 | 17,8% | 1 : 5,5 |
| 8. | 799 | 629 | 170 | 22,5% | 1 : 4,4 |
| 9. | 851 | 655 | 196 | 23,0% | 1 : 4,3 |
| 10. | 1198 | 1023 (fett) | 175 | 14,6% | **1 : 6,8** |
| 11. | 1385 | 1093 | 292 | 21,1% | 1 : 4,6 |
| 12. | 1596 | 1241 | 353 | 22,0% | 1 : 4,6 |
| 13. | 1672 | 1234 (mager) | 438 | 25,6% | **1 : 3,9** |
| 14. | 1664 | 1304 | 360 | 21,6% | 1 : 4,5 |
| 15. | 1682 | 1422 (Männchen) | 260 | 15,6% | 1 : 6,4 |
| 16. | 1719 | 1460 (Weibchen) | 259 | 15,0% | 1 : 6,6 |
| 17. | 1743 | 1463 (Weibchen) | 280 | 16,0% | 1 : 6,2 |
| Im **Mittel** abgerundet: | | | | **20,0%** | **1 : 5** |

Die Thiere waren längere Zeit in dem Versuchsstalle des Laboratoriums reichlich genährt worden; es mag damit zusammenhängen, dass wir hier im Allgemeinen höhere Zahlen für den Darminhalt antreffen als in den Angaben anderer Autoren. Heidenhain macht a. a. O. direct darauf aufmerksam, dass bei seinen Versuchen keine controlirte Fütterungsperiode vorherging.

Der Darminhalt [1]) beträgt im Mittel (abgerundet):

20% = 1/5 des Körpergewichts,

[1]) Welcker fand den Darminhalt der Kaninchen zu 1/7—1/5 des Körpergewichts = 14 und 20%. Gscheidlen fand ihn im Mittel nur zu 14%.

es ist sonach das Rohgewicht des Kaninchens nur das 5-fache von dem Gewichte des Darminhalts, sie verhalten sich zu einander wie

1 : 5.

Aus den angeführten Zahlen der Tabelle geht jedoch weiter hervor, dass es unter den hier bestehenden Versuchsbedingungen vollkommen unstatthaft gewesen wäre, diese Mittelzahl = 20 % den Berechnungen des Reingewichts zu Grunde zu legen. Die direct beobachteten Werthe weichen von dem berechneten Mittelwerthe so weit ab, dass wir durch die Berechnung des Reingewichtes Fehler in die Versuche eingeführt hätten, die weit grösser sein würden, als alle die aus den in §. 1 dieses Capitels zusammengestellten anderen Fehlerquellen zusammengenommen hervorgehenden.

Es wurde gefunden als:

Minimum . . . . . 14,6 % = 1 : 6,8
Maximum . . . . . 27,9 % = 1 : 3,6

es verhält sich also das Minimum zum Maximum fast wie

1 : 2 (genau 1,9),

das Maximum ist um 92% grösser als das Minimum, d. h. beinahe um das Doppelte. Das Resultat genügt, um von nun an eine Berechnung des Reingewichts aus einer Mittelzahl für den Darminhalt bei Kaninchen als unzulässig erscheinen zu lassen. Versuche, bei denen eine derartige Berechnung mit unterläuft, machen nicht Anspruch auf volle Genauigkeit der Resultate.

Ausser diesem negativen Resultate liefern jedoch die eben mitgetheilten Resultate einige positive Ergebnisse.

Die Versuche sind in der Tabelle so geordnet, dass von den kleinsten und jüngsten Thieren bis zu den fettesten und schwersten fortgeschritten wird.

Es fällt sogleich bei dem ersten Blick auf, dass die höchsten Werthe für den Darminhalt bei den ersten, den jüngsten Thieren gefunden worden sind. Bei den beiden in der Tabelle zuerst stehenden Thieren beträgt der Darminhalt übereinstimmend fast 28 % = 1 : 3,6.

Auf der andern Seite finden wir am Ende der Tabelle, wo die Versuche an den schwersten und fettesten Tieren verzeichnet sind, auffallend geringe, aber ebenfalls übereinstimmende Werthe verzeichnet 1 : 6,6 = 15,5 %.

Bei den mittleren Thieren finden sich vorwiegend zwischen den beiden Extremen liegende Zahlenwerthe. Bei ihnen schwankt der Gehalt an Nahrungsstoffen im Darm am bedeutendsten.

Es ist kaum zu verkennen, dass sich in diesen Ergebnissen ein Naturgesetz auszusprechen scheint, das für die Ernährungslehre nicht ohne Bedeutung ist. Es ergiebt sich hier, dass die gleichzeitig in den Eingeweiden sich vorfindende Nahrungsstoffmenge, oder was dasselbe zu bedeuten scheint, die in der Zeiteinheit aufgenommene, allein durch das normale Nahrungsbedürfniss geregelte Nahrungsstoffmenge bei jüngeren, kleineren und magereren Thieren (Kaninchen) eine relativ viel grössere ist als bei älteren, grösseren, fetteren.

Dieses Resultat erscheint klarer, wenn wir die Versuchsthiere nach ihrem Körpergewicht in natürliche Gruppen trennen und uns zunächst an die Mittelzahlen aus den Beobachtungen halten, wir bekommen dann folgende klein-

Hülfstabelle:

| Kaninchen | Darminhalt in Procenten: | Darminhalt im Verhältniss zum Rohgewicht: |
|---|---|---|
| 1. ganz kleine Thiere, Nr. 1 und 2, Reingewicht unter 300 Gramm . . . . . | 27,9% | 1 : 3,6 |
| 2. grössere Thiere, Nr. 3—9 incl., Reingewicht unter 700 Gramm . . . . . | 22,3% | 1 : 4,4 |
| 3. grosse, meist magere Thiere, Nr. 10—14 incl., Reingewicht bis 1300 Gramm . . . . . | 20,9% | 1 : 4,8 |
| 4. grosse, sehr fette Thiere, Nr. 15—16 incl., Reingewicht über 1400 Gramm . . . . . | 15,5% | 1 : 6,4 |

Die Mittelzahlen zeigen sonach eine fortschreitende relative Abnahme des Darminhaltes mit dem zunehmenden Körpergewicht. Vereinigen wir die Rubriken 2 und 3 in der vorstehenden Tabelle, so erscheint die Abnahme als eine stetige.

Die gleichzeitig im Darm enthaltene Stoffmenge erscheint wie gesagt direct als ein Mass für die in der Zeiteinheit aufgenommene Nahrungsmenge. Die Thiere wurden alle gleich gefüttert und nach der gleichen Fütterungszeit Morgens 10 Uhr getödtet; die Geschwindigkeit der Verdauung ist bei jüngeren Individuen nachweislich eher grösser als bei älteren, so dass nicht angenommen werden kann, dass bei den ersteren sich mehr Nahrungsstoffe in den Eingeweiden gleichzeitig anhäufen können bei relativ gleicher Nahrungsaufnahme.

Die Nahrungsaufnahme ist bei gesunden Thieren dem Nahrungsbedürfniss und dem Gesammtstoffwechsel entsprechend.

Danach können wir vorläufig die hier zu Grunde liegende Gesetzmässigkeit etwa so formuliren:

1. Im Allgemeinen ergibt sich, dass die kleinsten, jüngsten (fettlosen) Thiere am meisten Nahrungsstoffe gleichzeitig in den Eingeweiden enthalten, sie nehmen sonach mehr Nahrungsstoffe auf als grössere, ihr Nahrungsbedürfniss und damit ihr Gesammtstoffwechsel im Liebig'schen Sinne ist bedeutender als bei grösseren und älteren (fettern) Thieren.

2. Die Thiere von von einem mittleren Gewichte schwanken am stärksten in dem Gehalte an Nahrungsstoffen in den Därmen. Hier sind Nahrungsbedürfniss und Stoffwechsel in ihrer Grösse nach anderweitigen Bedingungen schwankend, im Mittel nehmen aber beide mit dem höheren Körpergewichte ab.

3. Die grössten und fettesten (gemästeten) Thiere haben relativ und absolut weit weniger Nahrungsstoffe im Darm, sie haben also relativ und absolut ein kleineres Nahrungsbedürfniss, einen geringeren Gesammtstoffwechsel.

Wir können hier sogleich die Frage nach den Gründen dieser Verschiedenheiten in dem Stoffwechsel von Thieren von verschiedenem Alter und verschie-

denem Körperzustande anregen, wenn auch an späteren Stellen erst weitere Beweismittel für die hier aufgestellten Sätze folgen sollen.

Aus den von Bischoff, Henneberg, Pettenkofer, Voit, J. Ranke u. A. angestellten Ernährungsvensuchen ergibt sich, dass die Grösse des Gesammtstoffwechsels von zwei Factoren in entgegengesetztem Sinne beeinflusst wird. Der Stoffwechsel wird vermehrt mit der gleichzeitig im Körper vorhandenen, circulirenden Menge des eiweisshaltigen Plasmas. Dieser Plasmastrom wird zum Theil und zuerst von dem Blute repräsentirt, mit der Blutmenge müssen wir sonach den Stoffumsatz im Organismus zunehmen sehen. Der andere im entgegengesetzten Sinne wirkende Factor ist der gesteigerte Fettgehalt des Organismus (in Nahrung und Organen), wir sehen dadurch den Stoffumsatz herabsinken.

Wie die gesteigerte Blutmenge einen gesteigerten Umsatz hervorzurufen vermag, ist sogleich klar, da das Blut die Hauptstoffwechselbedingungen in sich enthält. Wir werden da, wo wir einen gesteigerten Stoffwechsel antreffen, auch eine grössere Blutmenge erwarten dürfen.

Wenn der gesteigerte Fettgehalt eines Thieres einen Einfluss auf die Blutmenge in dem Sinne einer Verminderung derselben nachweisen lassen würde, so würden wir die aus der geringeren Nahrungsaufnahme fetter Thiere sich ergebende Herabsetzung ihres Stoffwechsels direct verstehen können. Wir werden also darauf unsere Aufmerksamkeit zu richten haben.

Die folgenden Versuche an Kaninchen werden über diese primär angeregten Fragen Entscheidung bringen. Es wird sich jedoch noch weiter zeigen lassen, dass die Organe nicht alle gleichwerthig für den Stoffumsatz sind, und dass mit einer Veränderung in den relativen Gewichtsverhältnissen der Verdauungsorgane (Eingeweide) zu den Bewegungsorganen auch eine Veränderung des Gesammtstoffwechsels eintreten müsse.

In Beziehung auf die Blutmenge werden wir zunächst vermuthen müssen, dass den wesentlichen Differenzen in der Nahrungsaufnahme entsprechend bei Thieren, die scheinbar denselben Lebensbedingungen längere Zeit hindurch unterworfen waren, auch wesentliche Differenzen in dem Blutgehalte sich finden werden. Die letzten Auseinandersetzungen erregen sogar direct die Erwartung, dass die Blutmenge wenigstens im Allgemeinen eine regelmässige, gesetzmässige Zunahme mit dem steigenden Nahrungsbedürfniss e. v. v. erkennen lassen werde.

## §. 3.

## Gesammtblutmengen geruhter Kaninchen.

Vom **Verfasser** und Dr. **E. Daxenberger.**

Die Blutmengen wurden bestimmt an geruhten:

14 Kaninchen,
1 Meerschweinchen,
2 Hunden,
2 Katzen,
14 Fröschen.

In folgender Tabelle sind zuerst die für Kaninchen gewonnenen Hauptresultate zusammengestellt, die Tabelle erklärt sich selbst.

Tabelle II.

**Gesammtblutmenge von Kaninchen.**

| Versuchs-Nummer. | Rohgewicht in Grammen. | Reingewicht in Grammen. | Blutgewicht in Grammen. | Blutgewicht in Procenten. | Verhältnisszahl zwischen Blut und Körpergewicht. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 307,5 | 221,5 (fettlos) | 18,07 | 8,2% | 1 : 12,3 |
| 2. | 399 | 288 | 19,73 | 6,9% | 1 : 14,6 |
| 3. | 569 | 418 | 25,46 | 6,1% | 1 : 16,4 |
| 4. | 631 | 520 | 30,07 | 5,8% | 1 : 17,2 |
| 5. | 743 | 626 | 33,02 | 5,3% | 1 : 18,0 |
| 6. | 799 | 629 | 42,82 | 6,8% | 1 : 15,0 |
| 7. | 851 | 655 | 40,89 | 6,3% | 1 : 16,0 |
| 8. | 773 | 685 | 45,42 | 6,6% | 1 : 15,2 |
| 9. | 1198 | 1023 (fett) | 39,39 | 3,7% | **1 : 29,0!** |
| 10. | 1672 | 1234 (mager) | 81,40 | 6,5% | **1 : 15,4!** |
| 11. | 1596 | 1244 | 55,03 | 4,4% | 1 : 22,0 |
| 12. | 1664 | 1422 (Männchen) | 48,81 | 3,4% | 1 : 29,0 |
| 13. | 1719 | 1460 (Weibchen) | 53,24 | 3,7% | 1 : 27,0 |
| 14. | 1743 | 1463 (Weibchen) | 42,49 | 3,0% | **1 : 33,0!** |
| **Im Mittel:** | | | | 5,4% | 1 : 18 |
| Meerschweinchen | 243,5 | 190,5 | 11,113 | 5,8% | 1 : 16 |

Durch die älteren Versuche einer Blutbestimmung an Thieren wurden zunächst Mittelzahlen für die Blutmengen derselben gewonnen. die dem ersten Bedürfnisse, diese Frage im Allgemeinen zu erledigen, entsprachen. Mit Ausnahme Welcker's und Heidenhain's, die auch für die im Folgenden zu besprechenden Verhältnisse die ersten Andeutungen geben, hat man sich, oft wohl unabsichtlich, bei den Blutbestimmungen meist an ausgewachsene Thiere von möglichst gleichmässigem Körperzustande gehalten.

An diesem Orte kommt es nicht darauf an, eine gewisse Gleichmässigkeit in den Angaben über den Blutgehalt ein und derselben Thierart zu erhalten, im Gegentheil musste gerade auf die Grenzen der physiologischen Schwankungen in dieser Beziehung alle Aufmerksamkeit gelenkt werden, da es ja beabsichtigt ist, die Gesammtblutmenge und die Blutvertheilung unter dem Einfluss wechselnder physiologischer Bedingungen zu untersuchen. Es mussten also Thiere von möglichst verschiedenem Körperzustande untersucht werden.

Es fällt sogleich auf, dass die in Tabelle II zusammengestellten relativen Blutmengen sehr bedeutende Schwankungen erkennen lassen, die wohl grösser sind, als man sie bisher vermuthete.

Es fanden sich als Grenzwerthe des relativen Blutgehalts:

Maximum 8,2% oder 1 : 12,3
Minimum 3,0% oder 1 : 33,0.

Das procentische Minimum verhält sich zum Maximum wie

1 : 2,73;

letzteres ist nahe um das Dreifache grösser als ersteres.

Es ergiebt sich also sogleich daraus, dass es unter keinen Umständen gestattet sein kann, für eine genauere Blutbestimmung, z. B. in irgend einem Organe, die Gesammtblutmenge einfach zu rechnen nach einer aus anderen Versuchen gefundenen Mittelzahl. Dazu weichen die Einzelresultate von dem Mittelwerthe viel zu sehr ab.

Im Allgemeinen ist der aus diesen Versuchen für die Blutmengen der Kaninchen gerechnete Mittelwerth derselbe wie der von Heidenhain und Welcker gefundene. Mein Werth beträgt im Verhältniss zum Reingewichte der Kaninchen

1 : 18,

das gleiche Verhältniss, das Heidenhain und Welcker

1 : 18[1])

fanden. Die geringen Endwerthe unserer Tabelle werden durch die hohen Werthe der ersten Versuche ausgeglichen.

Die gefundenen grossen Unterschiede im Blutgehalte von Thieren derselben Species von verschiedenem Körperzustande liessen sich nach den oben §. 2 erwähnten (besonders von C. Voit) aus den Ernährungsversuchen gezogenen Schlüssen vollkommen erwarten und bestätigen in schöner Weise die auf ganz anderem Wege gefundenen Resultate.

In dem Blute haben wir vor Allem die Bedingungen des Stoffwechsels, des physiologischen Stoffzerfalles, oder wie wir uns vor den neuen Liebig'schen Arbeiten auszudrücken pflegten, der physiologischen Oxydation. Die enormen Schwankungen in der Grösse des Stoffumsatzes bei verschiedenen Körperzuständen und Nahrungsbedingungen, die durch die Ernährungsuntersuchungen erkannt worden sind, liessen C. Voit u. A. schon vor Jahren auf die Vermuthung kommen, dass diesen Schwankungen des Stoffumsatzes entsprechend auch ebenso bedeutende Aenderungen in der Grundbedingung der physiologischen Zersetzung, im Blutgehalte des Organismus sich finden müssen. Wenn der Stoffwechsel um das Mehrfache auf- und abwärts schwanken kann, so konnte man auch ähnliche Differenzen in dem Blutgehalte erwarten. Die Grösse des Stoffwechsels und der Blutgehalt sind sich wechselseitig bedingende Momente.

Aus der verschieden grossen freiwilligen Nahrungsaufnahme verschiedener Individuen haben wir in dem angedeuteten Sinne schon im vorhergehenden Paragraphen nach Tabelle I Rückschlüsse auf die Grösse des den verschiedenen Körperzuständen entsprechenden Stoffwechsels zu machen versucht. Wir müs-

1) Gscheidlen fand etwas niedrigere Werthe, im Mittel 1 : 19.

sen nun untersuchen, ob diese quantitative Bestimmung der Stoffwechselgrundbedingung, der Blutmenge uns die gleichen Resultate liefert.

Eine Uebereinstimmung beider Tabellen im Grossen ist sogleich auch ohne weitere Umrechnung ersichtlich.

Wie wir dort im Allgemeinen das normale Nahrungsbedürfniss, die freiwillige Nahrungsaufnahme abnehmen sehen mit dem zunehmenden Körpergewicht, woraus wir auf eine gleiche Abnahme des Stoffwechsels schliessen müssen, so sehen wir auch hier die relative Blutmenge, also die Stoffwechselgrundbedingung, ganz in demselben Sinne abnehmen.

Wie dort sehen wir an der Spitze der Tabelle, wo die Versuche an denselben jüngsten und kleinsten Thieren verzeichnet stehen, die uns die ersteren Resultate geliefert haben, auch die relativ grössten Blutmengen verzeichnet. Die grösste relative Blutmenge entspricht dem grössten Stoffwechsel, der grössten freiwilligen Nahrungsaufnahme, beide finden sich bei den jüngsten und kleinsten untersuchten Thieren.

Dieselben Thiere, welche in der ersten Tabelle den relativ geringsten Stoffwechsel, die geringste freiwillige Nahrungsaufnahme zeigten, stehen hier wie dort am Ende der Tabelle, es sind die fettesten und schwersten, ältesten: Dem Minimum des Stoffwechsels, der geringsten freiwilligen Nahrungsaufnahme entspricht das Minimum des Blutgehaltes.

Die in der Mitte stehenden Versuche zeigen hier wie da schwankende, aber im Mittel mit dem Körpergewicht abnehmende Werthe.

Letztere Verhältnisse lassen sich noch genauer überschauen, wenn wir sie in eine Hülfstabelle zusammenfassen, in welche nur die Mittelzahlen eingestellt sind, nach denselben natürlichen Gruppen getrennt, wie sie oben zur Anwendung kamen.

Hülfstabelle.

| Kaninchen | Blutmenge in Grammen: | Blutmenge in Procenten: | Verhältniss: |
|---|---|---|---|
| 1. Ganz kleine Thiere, Nr. 1 u. 2, Reingewinn unter 300 Gramm . . . | 18,9 | 7,4% | 1 : 13,5 |
| 2. Grössere Thiere, Nr. 3—9, Reingewicht unter 700 Gramm . . . | 34,3 | 6,0% | 1 : 16,6 |
| 3. Grosse, meist magere Thiere, Nr. 10—11, Reingewicht bis 1300 Gramm[1] . . | 69,72 | 5,5% | 1 : 18,0 |
| 4. Grosse, sehr fette Thiere, Nr. 12—14, Reingewicht über 1400 Gramm . . . | 48,18 | 3,3% | 1 : 30,0 |

Man erkennt hier deutlich, dass mit dem steigenden Körpergewicht die Blutmenge anfangs zwar absolut zunimmt, aber nicht in gleichmässiger Weise,

1) Hier schliessen sich die VIII Beobachtungen Gscheidlen's an Kaninchen an, die freilich nicht absolut vergleichbar sind mit unseren Beobachtungen, da ihnen die directe Bestimmung des Reingewichtes mangelt. Ihre Mittelzahl ist für den Blutgehalt 1 : 19, das Reingewicht schwankt von 300—1319 Gramm.

sodass mit dem zunehmenden Körpergewicht eine Abnahme des relativen Blutgewichtes eintritt. Die jüngsten, fettarmen, leichtesten Thiere haben relativ mehr Blut als die mittelstarken, diese wieder mehr als die noch schwereren, und endlich Thiere, welche sehr lange in Gefangenschaft gehalten und sehr fett waren, haben eine ganz auffallend geringe Blutmenge, die sich hier auch absolut wieder gesunken zeigte [1].

Diese Sätze decken sich vollkommen mit den im letztvorstehenden Paragraphen aufgestellten. Wir haben z. B. dieselbe relative und absolute Abnahme des Blutes bei den übermässig fetten Thieren, wie die relative und absolute Verminderung der freiwilligen Nahrungsaufnahme, des Stoffwechsels.

So hat sich also unsere oben ausgesprochene Vermuthung vollkommen bestätigt.

Wir sehen hier die Körperzustände, bei denen ein gesteigerter Stoffwechsel anderweitig nachgewiesen ist: Jugend, Kleinheit, Fettarmuth auch mit einem grösseren Blutreichthume verbunden. Die Körperzustände bei denen wir den Stoffwechsel geringer sehen: gesteigerte Körpergrösse, und Gewicht (= Abnahme der Körperoberfläche) und Fettreichthum zeigen auch einen geringeren Blutgehalt. Die Menge der in der Zeiteinheit sich physiologisch bildenden Zersetzungen, die Grösse des Stoffwechsels, steht sonach in directem Verhältnisse zur Menge der als Grundursache der Zersetzungen anzusehenden Flüssigkeit, des Blutes.

In der geringeren oder grösseren Blutmenge haben wir hiermit eine der Hauptursachen eines geringeren oder grösseren Stoffumsatzes aufgefunden. In der Folge werden wir noch einen Zusatz zu dieser Beobachtung machen müssen, wir werden erfahren, dass es für den Stoffwechsel nicht gleichwerthig ist, in welchen Procentverhältnissen die Gesammtblutmenge in den Organen vertheilt ist.

Von practischer Bedeutung für Medicin und Landwirthschaft–Thierproduction ist die hier erkannte enorme relative, ja absolute Abnahme der Gesammtblutmenge bei gesteigerter Fettbildung.

Wie uns aber Ernährungsversuche lehren, setzt ein durch die Nahrung gesteigerter Fettgehalt des Organismus die Stoffzersetzung herab. Wir sehen, — wenn der fettreichen Nahrung [2] eine genügende Eiweissmenge beigegeben wird — endlich eine Mästung eintreten, ein Missverhältniss zwischen Nahrungsaufnahme und Verbrauch. Es wird mehr aufgenommen als verbraucht, es findet ein Ansatz von Stoffen, vor Allem von Fett statt.

Ganz in demselben Sinne wie ein gesteigerter Fettgehalt der Nahrung muss selbstverständlich auch ein gesteigerter Fettgehalt der Organe wirken. In den Organen hat der Körper sein Hauptstoffreservoir, aus dem er stets Stoffe in die circulirende Säftemasse — Plasma — herübernimmt zum directen Verbrauch. Je nach der Zusammensetzung der Organe ist das von ihnen gelieferte Plasma

---

1) Es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass wir es bei den jüngsten Thieren der Tabelle nicht mit neugeborenen zu thun hatten, die, wenn wir Welcker's Beobachtungen am neugeborenen Menschen generalisiren dürfen, relativ weniger Blut haben als Erwachsene.

2) oder amylum-etc. reichen Nahrung.

natürlich verschieden, es ist fett- und eiweisshaltig in dem Verhältniss, als die Organe einen Fett- und Eiweissgehalt aufweisen. Die äussere Ernährung liefert zu dieser Nahrungsstoffmenge, die aus den Organen stammt, noch aus einer andern Quelle, aber ganz in demselben Sinne, Stoffe hinzu. Im Hungerzustande verhält sich ein fettarmer zu einem fettreichen Organismus in Rücksicht auf den Stoffwechsel nicht wesentlich anders wie zwei primär gleiche Organismen, von denen dem einen eine fettreiche, dem anderen eine fettarme (und kohlenhydratarme) Nahrung gereicht wird.

Es liegt nahe, zu glauben, dass, da das Verhalten in beiden Fällen so analog ist, auch die Gründe, die es hervorrufen, dieselben seien.

Die obigen Versuche haben ergeben, dass eine gesteigerte Fettanhäufung im Körper mit einer sehr bedeutenden Abnahme der Blutmenge, d. h. der oxydirenden Substanzen Hand in Hand gehe.

Darin haben wir freilich zunächst nur den Grund aufgefunden, warum in gemästeten, fettreichen Organismen der Stoffwechsel herabgesetzt ist, aber es steht, wie es scheint, Nichts im Wege, den Satz dahin zu erweitern, dass der Grund der Herabsetzung des Stoffwechsels durch jede Steigerung des Fettgehaltes des Organismus (auch durch Fettnahrung) in einer dadurch veranlassten Herabsetzung der Blutmenge beruhe.

Mit der Herabsetzung der Menge der zersetzungsvermittelnden Substanzen — des Blutes und des circulirenden Plasmas, dessen Menge nothwendig mit der Menge des Blutes ab- und zunehmen muss — wird naturgemäss die Grösse der Zersetzung auch herabgesetzt werden.

Es scheint uns sonach in der Kette der Schlussfolgerungen zur Erklärung der Herabsetzung des Stoffwechsels durch Fettnahrung und bei fettreichen Individuen nur noch ein Glied zu fehlen, das uns Auskunft darüber geben sollte, wie das Fett diese Verminderung in der Blutmenge hervorruft; dass es eine solche hervorbringt, scheint nach dem Vorstehenden festzustehen.

Für den Arzt bringt die Erkenntniss des geringen Blutgehaltes fetter Organismen, wenn wir die an einer Thierart gewonnenen Resultate direct auf den Menschen übertragen dürfen, eine wissenschaftliche Erklärung für die mannigfachen Erfahrungen, dass fettreiche Körper eine geringere Energie ihrer Organthätigkeiten und Widerstandskraft gegen äussere störende Ursachen entwickeln. Er wird mit dem Blute solcher Patienten, wie es ihm die practische Beobachtung schon bisher vorschrieb, möglichst sparsam verfahren, er wird daran denken, auch in Krankheiten durch Eiweisskost ihre Blutmenge und damit die Energie ihrer Körperfunctionen zu steigern.

Für den practischen Landwirth und Thierzüchter, für den die Stoffanbildung, die Mästung Hauptaufgabe wird, lässt sich letztere nun so präcisiren: Da die Möglichkeit der Mästung, der Stoffanbildung auf einer Herabsetzung der Blutmenge des zu mästenden Thieres beruht, so ist diese Verminderung der Blutmenge erste Aufgabe. Erst nachdem die Blutmenge vermindert ist und mit ihr die Zersetzungsmöglichkeit, ist Aussicht vorhanden, jenes Missverhältniss zwischen freiwilliger Nahrungsaufnahme und Stoffwechsel leicht zu erreichen, auf welchem eine Stoffanbildung beruht.

Diese Blutmengeverminderung wird primär durch eine Steigerung des

Fettgehaltes im Organismus — am einfachsten durch die Nahrung mit Fett [1] — erreicht.

Auch Muskelruhe wirkt ganz nach derselben Richtung, da sie den Fettverbrauch herabsetzt, der in der Muskelthätigkeit hauptsächlich steigt [2].

Durch diese Beobachtungen stellt sich der alte, in manchen Gegenden noch heute geübte Gebrauch der Landwirthe in ein neues Licht, nach welchem den zu mästenden Thieren zuerst eine Blutentziehung gemacht wird.

Schliesslich soll nun noch darauf hingewiesen werden, dass die Uebereinstimmung der beiden Tabellen Nr. I und Nr. II nicht nur im Grossen und Ganzen, sondern auch im Einzelnen eine vollständige ist

Nr. 10 und 13 der Tabelle I entsprechen den Versuchen Nr. 9 und 10 in Tabelle II. Das erstere Thier war für seine Körpergrösse auffallend fett, es zeigte nach seinem geringen Darminhalt Nahrungsbedürfniss und Stoffwechsel ausnahmsweise gering. Die Tabelle II zeigt, dass dasselbe Individuum in Beziehung auf seinen Blutgehalt ebenso eine Sonderstellung beansprucht, wie in Rücksicht auf sein Nahrungsbedürfniss, nach beiden Verhältnissen findet es seine normale Stellung unter den letzten Versuchen an gemästeten Thieren. Umgekehrt ist es bei dem zweitangeführten mageren Thiere, das seinem grossen Nahrungsbedürfniss und seinem entsprechend grossen Blutgehalte nach sich an die weniger schweren Individuen anschliesst. Analog sind die Ergebnisse aller übrigen vergleichbaren Versuche.

## §. 4.

## Gesammtblutmengen von Fleischfressern.

### 1. Hunde.

An Hunden wurden zwei Versuche angestellt, deren Hauptresultate in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Tabelle III.

**Gesammtblutmenge von Hunden.**

| Versuchs-Nummer. | Rohgewicht in Grammen. | Reingewicht in Grammen. | Blutgewicht in Grammen. | Blutgewicht in Procenten des Reingewichts. | Verhältniss zum Reingewicht. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 4778 Rattenfänger, Männchen, jung. | 4711 | 326,6 | 7,0% | 1 : 14,0 |
| 2. | 10570 Rattenfänger, Männchen, sehr fett. | 10370 | 665,3 | 6,4% | 1 : 15,5 |
| **Im Mittel:** | | | | 6,7% | 1 : 14,7 |

1) und den Fettansatz begünstigende Substanzen.

2) Voit u. Pettenkofer.

Vorerst zeigen die Werthe für Roh- und Reingewicht bei Hunden nicht im Entferntesten die Unterschiede, die wir bei den Nagethieren gefunden haben; eine bekannte Erfahrung.

Bei Versuch 1 beträgt der Darminhalt, der von dem Rohgewichte zur Gewinnung des Reingewichtes abgezogen wurde,

1,4%,

er verhält sich zum Rohgewicht wie

1 : 71,3.

Bei Versuch Nr. 2 sind die entsprechenden Werthe

1,9% und

1 : 52,8.

Die Versuche an Hunden (Fleischfressern überhaupt) werden sonach von dem Darminhalt viel weniger in ihrer Genauigkeit beeinträchtigt als die an Kaninchen, es würde erlaubt sein, hier eine Durchschnittsgrösse dafür in Rechnung zu ziehen.

Die Werthe für die Blutmengen halten sich über dem Mittelwerth, der für Kaninchen gefunden wurde. Mit Rücksicht auf das weit grössere Körpervolumen der Hunde im Vergleich mit den Kaninchen ergibt sich daraus also ein nicht unbeträchtlich höherer Blutgehalt der Hunde als der Kaninchen, was mit der Art ihrer Ernährung, der vorwiegenden Fleischkost, gut zusammen stimmen würde.

Dasselbe Resultat ergab sich auch früheren Forschern.

Dass die Blutmenge mit der steigenden Fettanhäufung im Organismus abnehme, zeigen im Zusammenhalt mit den Versuchen der Tabelle II auch diese beiden Beobachtungen.

### 2. Katzen.

Ganz analoge Verhältnisse zeigen die an Katzen angestellten beiden Blutmengenbestimmungen. Hier ist jedoch zu beachten, dass die Hauskatzen meist einen sehr fettreichen Körperzustand besitzen und dem entsprechend eine geringere Blutmenge.

In folgender Tabelle sind die directen Beobachtungen niedergelegt.

Tabelle IV.

**Gesammtblutmenge von Katzen.**

| Versuchs-Nummer. | Rohgewicht. | Reingewicht. | Grammen. | Blutgewicht in Procenten des Reingewichts. | im Verhältniss zum Reingewicht. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 2410 | 2366 | 107,57 | 4,55% | 1 : 21,8 |
| 2. | 2340 beides sehr kräftige fette Thiere. | 2330 | 110,77 | 4,75% | 1 : 21 |
| **Im Mittel:** | | | | **4,65%** | **1 : 21,4** |

Was von dem Einfluss des Darminhalts auf die Bestimmung der Gesammtblutmenge bei Hunden gesagt wurde, gilt ebenso auch für die Katzen.

Auch bei ihnen ist der Darminhalt so gering, dass er die Resultate wenig zu alteriren vermag. Er beträgt bei Versuch 1 vorstehender Tabelle

$$1{,}8\%,$$

bei Versuch 2 nur:

$$0{,}46\%$$

des Rohgewichtes. Setzen wir wie bisher das Gewicht des Darminhalts = 1, so bekommen wir zum Rohgewicht folgende Verhältnisse:

in Versuch Nr. I. 1 : 55
in Versuch Nr. II 1 : 233

Die relativen Werthe für den Blutgehalt fallen unter den Mittelwerth bei Kaninchen.

Wenn wir aber nur erwachsene, fette Thiere der beiden Species vergleichen, so ist doch ein höherer Blutgehalt bei Katzen ersichtlich.

Der Blutgehalt der sich wenig bewegenden, darum immer gemästeten Hauskatze ist geringer als der der Hunde, die eine weit grössere Arbeitsleistung von ihren Muskeln verlangen.

Da die Katzen viel geringeres Körpergewicht besitzen als die untersuchten Hunde und ihr Blutgehalt dem entsprechend höher sein sollte, so wird obiger Satz a fortiori bewiesen.

## §. 5.

## Gesammtblutmengen von Fröschen.

Zu den folgenden Versuchen wurden nur Froschmännchen verwendet. Die mit einem Sternchen in der Tabelle bezeichneten Beobachtungen 6 — incl. 14 wurden an möglichst gleichartigen Thieren vom gleichen Fange, gleichlang unter denselben Bedingungen aufbewahrt, zum Vergleiche mit tetanisirten Thieren (cf. Capitel III) angestellt.

Die Zahlen lassen, analog den Versuchen an mittelstarken Kaninchen, direct keine Gesetzmässigkeit, z. B. nach dem steigenden Körpergewichte, erkennen. Sie folgen also in der zufälligen Reihe, in welcher sie angestellt wurden.

Alle Versuche der folgenden Tabelle sind im Monat Januar angestellt, sodass sie sich also auch nicht nach verschiedenen Jahreszeiten ordnen lassen.

Tabelle V.

## Gesammtblutmenge von Fröschen.

| Versuchs-Nummer. | Körpergewicht in Grammen. | Blutgewicht in Grammen. | Blutgewicht in Procenten. | Verhältniss zum Körpergewicht. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 49,5 | 2,4332 | 4,91% | 1 : 20 |
| 2. | 33,7 | 1,6786 | 4,92% | 1 : 20 |
| 3. | 42,3 | 2,0000 | 4,72% | 1 : 21 |
| 4. | 41,0 | 2,8713 | 7,00% | 1 : 14 |
| 5. | 36,8 | 2,1677 | 5,80% | 1 : 18 |
| 6. | 38,0 | 2,8997 | 7,70% | 1 : 13 |
| 7. | 33,0 | 2,0428 | 6,20% | 1 : 15 |
| 8. | 39,2 | 3,2500 | 8,33% | 1 : 12 |
| 9.* | 52,5 | 3,3984 | 6, 5% | 1 : 15 |
| 10.* | 31,0 | 1,7855 | 5, 9% | 1 : 18 |
| 11.* | 34,7 | 1,6488 | 4, 8% | 1 : 21 |
| 12.* | 31,0 | 2,4296 | 7, 8% | 1 : 13 |
| 13.* | 42,0 | 3,9491 | 9, 0% | 1 : 11 |
| 14.* | 32,0 | 2,3924 | 7, 5% | 1 : 13 |
| **Im Mittel:** | | | **6,52%** | **1 : 15,3** |

Die physiologischen Verhältnisse der Winterfrösche sind bekanntlich stets so beträchtlich verschieden, auch bei Individuen, welche unter scheinbar ganz gleichen äusseren Bedingungen gelebt haben, dass wir uns über die Schwankungen im Blutgehalte, die wir hier antreffen, in keiner Weise verwundern können. Gewiss hängt die schwankende physiologische Widerstandskraft gegen äussere Eingriffe, die verschiedene Lebensenergie derselben zum Theile mit diesen hier sich ergebenden bedeutenden Differenzen in dem Blutgehalte zusammen. Es muss hier, wie sich in der Folge ergeben wird, vor Allem an den freiwilligen Tetanus der Winterfrösche erinnert werden, der uns schon früher Aufschlüsse über manche sonst unverständliche Schwankungen im physiologischen Verhalten der Frösche lieferte [1].

Die Resultate schwanken zwischen folgenden Werthen:

Maximum 9,0% = 1 : 11
Minimum 4,7% = 1 : 21

Es verhält sich sonach das Minimum zum Maximum wie

1 : 1,9,

letzteres ist um 91% grösser als ersteres, d. h. beinahe um das Doppelte.

Die Schwankungen entsprechen ziemlich genau denen, die wir bei mittelstarken Kaninchen in Tabelle II angetroffen haben, mit denen wir diese Versuche allein vergleichen dürfen, da weder gemästete noch ganz junge Frösche zur Beobachtung kamen.

[1] Cfr. Tetanus: Leitungswiderstand, Säurebildung etc.

Der relative Blutgehalt stimmt etwa mit dem der Fleischfresser überein. Nehmen wir Rücksicht auf das geringe Körpervolum der Frösche, so erscheint der Blutgehalt als ein geringer. In folgender Weise lassen sich die Hauptergebnisse dieses Capitals zusammenfassen.

**Resultate:**

1. Das Nahrungsbedürfniss der thierischen Organismen (zunächst der Kaninchen) und dem entsprechend ihr Stoffwechsel im Liebig'schen Sinne nimmt, wie sich aus der freiwilligen Nahrungsaufnahme ergibt, mit dem steigenden Körpergewicht relativ ab.

Die kleinen jüngeren Individuen einer Thierart haben ein zwar absolut geringeres, aber relativ grösseres Nahrungsbedürfniss und Stoffwechsel als grössere und ausgewachsene.

2. Bei sehr fetten, gemästeten Thieren ist das Nahrungsbedürfniss und der Stoffwechsel relativ am kleinsten. Es sinkt die freiwillige Nahrungsaufnahme bei diesen Thieren sogar absolut unter die für nichtgemästete Thiere ähnlicher Körperconstitution gefundenen Werthe.

3. Die vorstehenden Angaben decken sich genau mit dem für den Blutgehalt der Thiere gefundenen Resultate:

**Die Grösse des Blutgehaltes steht in directem Verhältniss zur Grösse des Stoffwechsels.**

Jüngere, kleinere Thiere derselben Thierspecies haben wie einen relativ grösseren Stoffwechsel so auch eine relativ grössere Blutmenge als ausgewachsene. Es nimmt sonach die Blutmenge und der Stoffwechsel von dem Jugendzustande an, d. h. mit dem steigenden Körpergewichte ab.

4. Sehr fette, gemästete Thiere haben wie den relativ geringeren Stoffwechsel so auch die relativ geringste Blutmenge. Ihre Blutmenge zeigt sich ebenfalls wie ihr Nahrungsbedürfniss absolut vermindert gegenüber nicht gemästeten Thieren ähnlicher Körperconstitution.

5. Die bekannte Wirkung der Fettnahrung und des gesteigerten Fettgehaltes des Gesammtorganismus, den Stoffwechsel zu vermindern, beruht sonach auf einer dadurch veranlassten Herabsetzung der Gesammtblutmenge.

6. Die hier gefundenen Mittelwerthe für den Blutgehalt verschiedener ruhender Thiere sind folgende:

| | | | |
|---|---|---|---|
| für Hunde . . . . . | 6,7%, | d. h. | 1 : 14,7 |
| » Frösche . . . . . | 6,5%, | » » | 1 : 15,6 |
| » Meerschweinchen . | 5,8%, | » » | 1 : 17,1 |
| » Kaninchen . . . . | 5,4%, | » » | 1 : 18,0 |
| » Katzen. . . . . | 4,7%, | » » | 1 : 21,4. |

# Capitel II.

## Einfluss des Tetanus auf die Gesammtblutmenge.

### §. 1.

### Zur Orientirung.

In dem vorgehenden Capitel haben wir die Blutmenge von ruhenden Thieren unter den wechselnden Ernährungs- und Altersbedingungen betrachtet.

Die Einflüsse, welche wir diesen Bedingungen zuschreiben mussten, waren in ihrer Wirkung sehr in die Augen springend. Wenn wir nach den Ernährungsverhältnissen des Individuums seine Blutmenge so bedeutend auf- und abwärtsschwanken sehen, so werden wir uns der Vermuthung hingeben dürfen, dass eine physiologische Bedingung, deren Einfluss hinter dem der Ernährung in anderer Beziehung, wie wir schon vielfältig nachgewiesen haben, nicht zurücksteht, dass der Tetanus, die fortgesetzte starke Muskelleistung ebenfalls eine verändernde Einwirkung auf die Blutmenge werde ausüben müssen.

Nach welcher Richtung diese Einwirkung statthaben werde, ist primär noch nicht ersichtlich.

Wir sehen auch nach den neuesten Versuchen von v. Pettenkofer und v. Voit in Folge des Tetanus den Stoffwechsel des Gesammtorganismus doch nicht unbedeutend gesteigert, wenn diese Steigerung auch zurückbleibt hinter den früher gehegten Erwartungen. Die Steigerung des Stoffwechsels, den erhöhten Nahrungsverbrauch haben wir, nach dem vorstehenden Capitel, während der Muskelruhe direct auf eine Vermehrung der Blutmenge beziehen lernen. Wir müssen fragen, ob nicht auch die bei dem Tetanus beobachtete Mehrzersetzung von Körperstoffen auf einer Zunahme des Blutgehaltes beruht?

Die Wahrscheinlichkeit dieser Voraussetzung gewinnt jedoch nicht bei Berücksichtigung der bei anderer Gelegenheit schon gewonnenen Resultate über die Betheiligung des Blutes bei dem Tetanus.

In Tetanus Band I, pg. 87, im dritten Capitel, §. 3 finden sich die Resultate einer grossen Anzahl von vergleichenden Wasserbestimmungen im Blute ruhender und tetanisirter Thiere (Frösche). In den diesem angezogenen Paragraphen vorausgehenden Untersuchungen hatte sich nachweisen lassen, dass durch den Tetanus eine Veränderung in dem Wassergehalte des Muskels, der im lebenden Thiere tetanisirt wurde, eintrete. Der tetanisirte Muskel zeigte sich um etwa 2% im Mittel wasserreicher als der geruhte. Der Grund dieser Ver-

änderung in dem chemischen Verhalten des Muskels wurde vollkommen erkannt. Es liess sich zeigen, dass durch den Tetanus aus weniger leicht oder gar nicht diffundirenden Substanzen leicht diffundirende Stoffe gebildet werden, welche zwischen Blut und Lymphe einerseits und dem Muskel andererseits einen bedeutenderen Stoffverkehr durch Diffusion anregen, als er während der Ruhe stattfand. In Folge dessen sehen wir Wasser in den Muskel aus den ihn umspülenden Flüssigkeiten (Blut und Lymphe) eintreten, er wird dadurch wasserreicher, während er die in ihm bei der Arbeitsleistung neuentstandenen leichter diffundirbaren Stoffe an jene Flüssigkeiten abgibt. Schritt für Schritt wurde an dem angegebenen Orte der Beweis für diesen Vorgang geführt, es liessen sich die aus dem Muskel ausgetretenen festen Stoffe in dem Blute wieder auffinden. In Tetanus Band II — Lebensbedingungen der Nerven — pg. 8 finden sich Versuche verzeichnet, welche den qualitativen Nachweis dieser in das Blut ausgetretenen Muskelstoffe, in specie der Fleischmilchsäure liefern. Wir finden dort das Blut tetanisirter Frösche nach dem Dialysiren schwach sauer reagiren. Zuntz hat dieselbe Abnahme der alkalischen Reaction des Blutes in Folge des Tetanus bei Versuchen an Hunden höchst wahrscheinlich gemacht [1]). Aber auch quantitativ konnte die Zunahme der festen Substanzen im Blute entsprechend seiner Wasserabgabe im Tetanus nachgewiesen werden. Der Wassergehalt des Blutes tetanisirter Frösche ist im Mittel um 1,3% geringer als der geruhter Thiere. Das Blut liefert danach zwar nicht alles, aber doch den grössten Theil des Wassers, den wir nach dem Tetanus im Muskel mehr antreffen, der Rest des gelieferten Wassers trifft auf die Lymphe. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass diese oben erwähnte Wasserabnahme des Blutes nur mit einer Verminderung seiner Gesammtmenge Hand in Hand gehen könne, wenn nicht, was kaum zu vermuthen, von anderer Seite — etwa von der Lymphe oder den Drüsengeweben — der Verlust wieder ausgeglichen oder gar übercompensirt wird.

Spricht schon die eben angezogene Beobachtung für die Wahrscheinlichkeit einer Blutmengenverminderung im Tetanus, so machen uns einer solchen gewiss die in Tetanus Band I, Abschnitt II, Capitel X, pg. 221 ff. niedergelegten Resultate. Es wird dort nachgewiesen, dass der Muskel Stoffe aus dem Blut zum Zwecke der Arbeitsleistung zu verwenden vermag, indem der bluthaltige Muskel im Stande ist, eine grössere Gesammtarbeit zu leisten als der blutleere.

Wenn wir also schon erwiesen haben, dass der arbeitende Muskel den Wassergehalt des Blutes vermindert, und wenn wir weiter wissen, dass auch Stoffe aus dem Blute direct zur Muskelarbeitsleistung verwendet werden, wird uns die Vermuthung, trotz des oben angeführten gegentheiligen Anscheines, sehr nahe gelegt, dass die Gesammtmenge des Blutes durch den Tetanus eine Verminderung erfahren werde.

---

1) Centralblatt f. d. med. Wissenschaften 1867. S. 801 ff.

## §. 2.

## Nachweis einer primären Verminderung und secundären Vermehrung der Gesammtblutmenge durch die Muskelthätigkeit.

Die Versuche zur Entscheidung dieser Frage wurden wie die älteren im vorstehenden Paragraphen angeführten, fast ausschliesslich an Fröschen angestellt, die einen fortgesetzten Tetanus viel länger ertragen als Säugethiere, vor Allem als Kaninchen, die allein zu einer grösseren Zahl von Versuchen zur Verfügung stehen. Während Strychnintetanus die Kaninchen nach wenigen Anfällen tödtet, ebenso ein starker, wenn auch unterbrochener electrischer Tetanus der Gesammtmuskulatur schon nach auffallend kurzer Zeit, so leben Frösche bei beiden Krampfarten Stunden lang, die dadurch gesetzten Veränderungen im Stoffwechsel des Blutes und der Muskeln bilden sich daher bei ihnen viel deutlicher aus als bei Säugethieren, bei denen auch ästhetische Gründe die Anstellung derartiger Versuche in Masse nicht wünschenswerth erscheinen lassen.

In Capitel II, §. 4 sind Versuche über die Gesammtblutmenge geruhter Frösche zusammengestellt. Obwohl die Thiere alle unter sehr annähernd gleichen Verhältnissen in derselben Jahreszeit (Januar) gelebt hatten, so schien es doch wünschenswerth eine Anzahl von Versuchen an geruhten Individuen anzustellen zur Vergleichung mit tetanisirten, welche genau unter den gleichen Lebensbedingungen die Wintermonate bisher zugebracht hatten.

In Tabelle V sind diese zuletzt erwähnten Thiere mit einem Sternchen bezeichnet Versuchs-Nummer 9—14 incl. Diese Versuche zeigen ziemlich dieselben normalen Schwankungen der Gesammtblutmenge, die sich auch an den vorausgehenden erkennen lassen.

Das procentische Gesammtmittel aus allen 14 angestellten Versuchen beträgt dort für die procentische Gesammtblutmenge:

$$6{,}52\%.$$

Berücksichtigen wir nur die letzten 6 Versuche, so stellt sich die Gesammtblutmenge im Mittel um etwas höher auf:

$$6{,}98\% \ (= 7{,}0\%)$$

das Minimum beträgt . . $4{,}8\%$

das Maximum . . . . $9{,}0\%$.

Mit diesen letzteren Werthen müssen zunächst die in folgender Tabelle zusammenzustellenden Versuchsresultate an tetanisirten Thieren verglichen werden.

Die Versuchsthiere waren wie in Tabelle V nur männliche, möglichst kräftige Exemplare. Sie wurden mit Strychnin tetanisirt, was ihnen in gebräuchlicher Weise in Lösung in eine Rückenhautwunde eingepinselt wurde.

Es wurde Rücksicht genommen auf die Stärke der Krämpfe, wie sie sich noch bei der Tödtung der Thiere zeigten.

Die Versuche Nr. 7 und Nr. 8 sind auch an Winterfröschen im Januar angestellt, die aber nicht unter den genau gleichen Bedingungen wie Nr. 1—6 incl. dieser Tabelle und Nr. 9—14 incl. der Tabelle V gelebt hatten.

Tabelle VI.

## Die Gesammtblutmengen tetanisirter Frösche.

| Versuchs-Nummer. | Körpergewicht in Grammen. | Blutgewicht in Grammen. | Blutgewicht in Procenten. | Blutgewicht Verhältniss. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.* | 33,5 | 1,3040 | 5, 7% | 1 : 27 | Nr. 1 wurde nach einstündigem starkem Krampfe fast reactionslos getödtet. |
| 2.* | 32,0 | 1,6581 | 5, 2% | 1 : 19,4 | Nr. 2, 6 Stunden nach der Vergiftung nach weniger starken Krampfen getödtet, hat noch Krämpfe. |
| 3.* | 42,1 | 1,3551 | 3,45% | 1 : 29 | Nr. 3, nach 1¾ Stunden starkstem Tetanus getödtet, fast reactionslos |
| 4.* | 37,5 | 2,3746 | 6, 3% | 1 : 16 | Nr. 4, nach 1¼ Stunden getödtet hat noch Krämpfe, schlechter Tetanus. |
| 5.* | 36,0 | 2,0421 | 5, 6% | 1 : 18 | Nr. 5, nach 2 Stunden getödtet hat noch Krämpfe, schlechter Tetanus. |
| 6.* | 32,2 | 2,2751 | 7, 1% | 1 : 14 | Nr. 6, nach 2 Stunden getödtet, hat noch Krämpfe, ganz schlechter Tetanus. |
| 7. | 78,0 | 3,2780 | 4, 2% | 1 : 24 | Nr. 7 u. 8. Die Stärke der Krämpfe bei der Tödtung nicht toller Tetanus energisch. |
| 8. | | | 4, 2% | 1 : 24 | |
| **Im Mittel** (ohne Nr. 7 u. 8) | | | **5,16%** | **1 : 19,4** | |

Im Mittel beträgt danach der Blutgehalt **tetanisirter Frösche**:

**5,16%,**

die Blutmenge verhält sich zum Körpergewicht wie:

1 : 19,

das Mittel aus allen 8 Versuchen ist noch etwas niedriger:

4,81%.

Die Vergleichung dieser Versuche mit den an geruhten Fröschen gibt folgendes Resultat:

| | |
|---|---|
| die sechs * geruhten Frösche enthalten im Mittel Blut . | 6,98% |
| die sechs * tetanisirten Frösche enthalten im Mittel Blut | 5,16% |
| die * tetanisirten Frösche enthalten weniger Blut . | **1,82%** |

Mit anderen Worten, die Gesammtblutmenge der Frösche wird durch den Tetanus um

**26,07%**

gegen die Gesammtblutmenge geruhter Thiere vermindert.

Dieses Resultat erfährt keine wesentliche Aenderung, wenn wir, an Stelle der 12 direct zu dem Versuche ausgewählten, alle Frösche, an denen die Blutmengen vorstehend bestimmt wurden, mit berücksichtigen:

| | |
|---|---|
| Alle geruhten Frösche enthalten Blut im Mittel . . . | 6,52% |
| Alle tetanisirten Frösche enthalten Blut im Mittel . . | 4,81% |
| **Die tetanisirten Frösche enthalten weniger Blut** | **1,71%.** |

Das Resultat erscheint sonach als gesichert:

Der Tetanus ist von Einfluss auf die Gesammtblutmenge. **Durch die Arbeitsleistung der Muskeln wird die Gesammtblutmenge des Organismus primär vermindert. Diese Verminderung ist um so bedeutender, je stärker die Muskelleistung war,** cfr. in der Tabelle VI die Bemerkungen.

Es bestätigt dieses Ergebniss vollkommen unsere früheren Beobachtungen über die directe Betheiligung des Blutes an der Muskelarbeit, wie wir sie in §. 1 dieses Capitels zusammengefasst haben.

Die Beweisfähigkeit der in Tabelle VI zusammengestellten Resultate wird abgesehen von dem Durchschnittsresultate noch dadurch weiter sicher gestellt, dass sich alle kleinsten Werthe der Blutmenge auf Seite der tetanisirten, alle grössten Werthe auf Seite der geruhten Thiere fanden:

| | |
|---|---|
| Das Minimum der Blutmenge tetanisirter Frösche beträgt . . | 3,45% |
| Das Minimum der Blutmenge geruhter Frösche beträgt . . . | 4,72% |
| Die **tetanisirten** Frösche enthalten bei Berücksichtigung der **Minima weniger** Blut . . . . . | 1,27%. |
| Das Maximum der Blutmenge tetanisirter Frösche beträgt . . | 7,1% |
| Das Maximum der Blutmenge geruhter Frösche beträgt . . . | 9,0% |
| Die **tetanisirten** Frösche enthalten bei Berücksichtigung der **Maxima weniger** Blut . . . . . | 1,9%. |

Die Unterschiede bei alleiniger Berücksichtigung der Minima und Maxima sind nicht weniger deutlich, als sie sich nach den Mittelwerthen stellen.

Es muss noch ein Wort gesagt werden über die beobachteten nicht unbeträchtlichen Schwankungen der Blutmengen bei den Winterfröschen, bei denen zunächst von keiner Verschiedenheit in der Ernährungsweise die Rede sein kann, auf die wir die Unterschiede im Blutgehalte bei den Kaninchen vor Allem beziehen konnten. Die Frösche hatten seit Monaten überhaupt keine Nahrung mehr erhalten.

Hier bietet sich uns zur Erklärung dasselbe Moment dar, auf das schon in den Untersuchungen in Tetanus Band I vielfach Rücksicht genommen werden musste: a. a. O. pg. 219 werden die freiwilligen Allgemeinkrämpfe besprochen, die so oft die aufbewahrten Winterfrösche befallen, eine Krankheit, die vor Allem E. DU BOIS-REYMOND beschrieben hat. An diese krankhaften Veränderungen des Froschorganismus durch die Ueberwinterung müssen wir auch hier denken zur Erklärung der Schwankungen in der Gesammtblutmenge. Die betreffende Krankheit verändert den Froschorganismus in der Richtung des experimentell angeregten Tetanus, sie macht, schon ehe man den Ausbruch der Krämpfe beobachten konnte, die Muskeln sauer reagiren, sie setzt den Leitungswiderstand herab, ebenso das Maximum der Milchsäure- und wohl auch der Kohlensäurebildung etc., sie wird also auch hier die Ursache der Abnahme der Blutmenge sein, die sich in den physiologischen Schwankungen

dieser Grösse an scheinbar gleichartigen Thieren zeigen. Wir haben hier sonach ein Phänomen vor uns, das in seinen anderen Beziehungen jedem Experimentalphysiologen schon bekannt, auf das er Rücksicht zu nehmen gewohnt ist. —

Es schliessen sich an diese Betrachtungen noch eine Reihe von Fragen an, die eine Lösung fordern, für's Erste aber nicht weiter berücksichtigt werden können.

Nur folgende Fragen wollen wir noch aufwerfen:

Wird durch eine fortgesetzte, regelmässige Arbeitsleistung, mit der sich der Organismus in's Gleichgewicht gesetzt, die Gesammtblutmenge vermindert oder vermehrt?

Wir können zur Lösung dieser Frage den gleichen Weg einschlagen, der uns bei anderen Aufgaben schon zum Ziele geführt hat, indem wir diese Frage so wenden: enthalten thierische Organismen, die gewöhnt sind mehr Arbeit zu leisten als andere, im Durchschnitt mehr oder weniger Blut?

Wir können hierbei, wie früher, Thierarten, die sich wesentlich in der Activität ihrer Muskeln von einander unterscheiden, vergleichend auf ihren Blutgehalt untersuchen. Wir können weiter Thiere derselben Species einmal nach langer Muskelruhe, ein andermal nach freierer Bewegung in Untersuchung ziehen.

Beide Wege haben ihre nicht zu verkennenden Schwierigkeiten. Vergleichen wir Thiere derselben Species, so wissen wir schon, dass die Blutmengen nach der Ernährungsweise, Alter etc. so stark schwanken, dass dadurch die Betheiligung eines weiteren Momentes in derselben Richtung verdeckt werden könnte.

Welcker's Versuche haben, wie es scheint, ergeben, dass die Blutmenge noch überdiess nach der Körpergrösse schwankt, sodass kleinere Thiere eine relativ grössere Blutmenge haben als grössere. Also auch dieser Gesichtspunkt macht eine Entscheidung schwierig, da es sich kaum treffen wird, dass Thiere von ganz gleichem Körpergewichte, gleichem Alter und sonstigen Lebensbedingungen der vergleichenden Untersuchung unterworfen werden können.

Trotz dieser möglichen Einwände ist nicht zu verkennen, dass unsere schon mitgetheilten Versuche Anhaltspunkte zur Lösung der gestellten Frage geben.

Wir haben oben gefunden, dass sehr fettreiche Thiere **weniger** Blut haben als fettärmere.

Diese Thiere waren sehr lange Zeit, $2^1/_2$ Jahre, in einem Versuchsstall (Zimmer) eingesperrt, sodass ihre Bewegungsmöglichkeit während dieser Zeit eine nur geringe war. Wir wissen, dass die Muskelruhe ein Hauptmoment für den Fettansatz abgibt, wir hätten sonach in der langen Muskelruhe den Grund der Fettanhäufung und gleichzeitig den Grund für die beobachtete Verminderung der Blutmenge.

Es sprechen sonach diese Versuche dafür, dass **fortgesetzte Muskelruhe**, die einen Fettansatz begünstigt, die **Blutmenge herabsetzt**.

Durch Muskelleistung wird die Fettmenge im Organismus verringert. Die Beobachtungen von Pettenkofer und Voit haben für einen an Arbeit gewöhnten

menschlichen Organismus nachgewiesen, dass bei einem solchen durch gesteigerte Arbeitsleistung der Muskeln ein Mehrverbrauch von stickstofffreien Körperstoffen, von Fett eintritt. Wir dürfen danach den oben formulirten Satz wohl auch so fassen:

wie durch gesteigerte Arbeitsleistung die Fettmenge im Organismus vermindert wird, wodurch, zunächst relativ, die Eiweissmenge des Körpers zunimmt, da diese einem Mehrverbrauch durch Arbeitsleistung gar nicht oder in einem geringeren Grade unterliegt, so wird durch dieselbe Ursache auch die relative Gesammtblutmenge erhöht.

Da wir oben erwiesen haben, dass das Blut zur Muskelarbeit direct zugezogen wird, seine Menge die Arbeitsfähigkeit mit bedingt, so würde der Satz der allbekannten täglichen Erfahrung auch so gefasst werden können:

Durch regelmässige Arbeitsleistung wird bei genügender Ernährung die Arbeitsfähigkeit des Körpers gesteigert, ein Grund dafür liegt in der hier statuirten Vermehrung des Blutes, andere Gründe, die sich auf Muskeln und Nerven beziehen, wurden in den weiter vorstehenden Untersuchungen (Tetanus, Lebensbedingungen der Nerven) schon mehrfach nachgewiesen.

Wir haben noch weitere Versuche zum Beweis dieses Satzes.

Die Arbeitsleistung, die ein Hund von seinen Muskeln fordert, ist eine sehr viel bedeutendere als die, welche ein Kaninchen in derselben Zeit vollbringt. Der Hund muss sonach in Beziehung auf seinen Blutgehalt einem an regelmässige Arbeit gewöhnten, das Kaninchen mehr einem ruhenden Organismus entsprechen.

Nach diesem Gesichtspunkte gewinnen die Mittelzahlen für die Blutmengen der Hunde und Kaninchen eine neue Bedeutung.

Die Kaninchen haben im Mittel:

$$5{,}1\,\%\ \text{Blut},$$

die Hunde dagegen nach unseren vorstehenden Bestimmungen:

$$6{,}4\,\%—7{,}0\,\%,$$

nach denen von Welcker sogar

$$7{,}6\,\%.$$

Der Unterschied der Körpergrösse zwischen Hunden und Kaninchen fällt zu Gunsten der letzteren aus, in so ferne sie als kleinere Thiere mehr Blut enthalten sollten. So ergeben denn diese Beobachtungen a fortiori, dass der in der Zeiteinheit mehr Muskelarbeit leistende Organismus des Hundes mehr Blut enthält als der mehr ruhende des Kaninchens.

Man könnte hier die Meinung aussprechen, dass vielleicht der Unterschied der Blutmenge in verschiedenen Ordnungen der Säugethiere zu gross sein könnte, als dass sich derartige Einflüsse, wie der in Frage stehende noch entscheidend geltend machen könnten.

Diese Vermuthung ist durch Nichts erwiesen. Unsere Versuche an Thieren, die beide derselben Ordnung angehören, bestätigen vielmehr den bei der Vergleichung mit Nagethieren mit Raubthieren gewonnenen Satz.

Wir können dasselbe, was wir vom Kaninchen im Verhältniss zum Hunde gesagt haben, auch von der Hauskatze im Vergleiche mit dem letzteren festhalten. Auch diese ist gewöhnlich sehr fett, ihrer geringfügigen und meist

langsamen Bewegung entsprechend. Die Blutmenge bei fetten Hauskatzen fanden wir im Mittel zu:

4,65%,

demnach noch niedriger als die Mittelzahl bei Kaninchen; die Differenz zwischen dieser procentischen Menge und der bei Hunden beobachteten ist sonach noch bedeutender als bei Kaninchen, obwohl auch hier das geringere Körpergewicht auf Seite der Katzen fällt, diese also als kleinere Thiere mehr Blut enthalten sollten als die mit ihnen verglichenen Hunde.

Uebrigens ist die Entwicklung der Muskulatur bei Katzen eine weit bedeutendere als bei Kaninchen, dem entspricht wohl auch im Allgemeinen die Möglichkeit einer stärkeren Muskelleistung auf Seite der Katzen.

Das Körpergewicht der Katzen ist von dem der schwersten Kaninchen wenig verschieden, etwas höher. Nach den Erfahrungen in Beziehung auf das Körpergewicht und seinen entscheidenden Einfluss auf die Gesammtblutmenge dürfen wir zunächst also die fetten Katzen nur mit den fetten, ziemlich gleichschweren Kaninchen vergleichen. Das mittlere Blutgewicht für diese Kaninchen ist:

3,3%,

das für die etwas schwereren Katzen dagegen wie schon angegeben:

4,65%,

so dass also auch hier eine höhere Blutmenge für Katzen sich ergibt als für die weniger stark und energisch sich bewegenden Kaninchen.

So erscheint denn danach, abgesehen von der oben bewiesenen primären Verminderung, der Satz als gesichert:

**Gewöhnung an gesteigerte Muskelarbeit,** mit der sich der Organismus in's Gleichgewicht der Ernährung zu setzen vermochte, steigert die Gesammtblutmenge, langandauernde Muskelruhe, setzt dagegen die Gesammtblutmenge herab.

Zwischen diesem Satze und dem erstgewonnenen, dass die Muskelarbeit die Blutmenge primär vermindere, besteht nur ein scheinbarer Widerspruch. Wir sehen hier dieselbe gesetzmässige Wechselwirkung der Arbeit, wie wir sie bei Muskeln und Nerven in unseren früheren Untersuchungen schon beobachtet haben. Die Organthätigkeit verbraucht zwar direct Organstoffe, aber nur das thätige Organ wird normal ernährt und nimmt in normaler Weise zu, während das unthätige Organ verkümmert. In der Thätigkeit der Organe, die einerseits von den Stoffen desselben verbraucht, liegen andererseits die Ursachen für Neuaufnahme von Nahrungsmaterial in dasselbe Organ, und damit die Ursachen seines Wachsthums. Schon Band II pg. 82 ff. »Lebensbedingungen der Nerven« hat dieses Gesetz zunächst für die Nerven- und Muskelernährung seine exacte Formulirung nach Experimenten gefunden. Das Blut unterliegt sonach demselben Naturgesetze der Ernährung wie jene Organe.

## §. 3.

### Ueber Schwankungen in den festen Bestandtheilen und dem Wassergehalt des Blutes.

Es sollen hier zunächst noch Erwähnung finden Wasserbestimmungen im Blute zunächst von Hunden und Kaninchen. Sie wurden mit möglichster Sorgfalt ausgeführt, die Trocknung geschah bei einer constanten Temperatur von 110° C.

Eine der Blutwasserbestimmungen wurde bei dem Hunde Nr. 1 ausgeführt. Er enthielt 7% Gesammtblutmenge.

| | |
|---|---|
| Das specifische Blutgewicht betrug . . | 1042 |
| Das Blut hatte feste Stoffe . . . . . | 15,0% |
| Das Blut hatte Wasser . . . . . | 85,0% |
| | 100,0 |

Bei Kaninchen Nr. 4, Reingewicht 520, Gesammtblutmenge = 5,8% hatte das Blut:

| | |
|---|---|
| feste Stoffe . . . . | 17,03% |
| Wasser . . . . . | 82,97% |
| | 100,00 |

Der Unterschied in den festen Stoffen des Blutes beträgt hier sonach 2%, eine sehr bedeutende Schwankung, die für die Ernährungsfähigkeit des Blutes von grösster Bedeutung sein muss.

Es würde von Interesse sein, die Aufmerksamkeit von neuem diesen Gegenstande zuzuwenden und ihn im Zusammenhalte mit den neugewonnenen Gesichtspunkten der Ernährungslehre zu vergleichen. Die Schwankungen in dem Verhältniss der festen Stoffe zum Wasser im Blute nach den verschiedenen Körperzuständen, mögen sie nun durch Veränderung in der Ernährungsweise oder durch Veränderung des Körperstoffverbrauchs durch innere Ursachen: Tetanus, Fieber etc. hervorgerufen sein, sind sehr auffallend. Es wird dadurch eine Veränderung der Diffusionsvorgänge im Blute selbst und zwischen diesem und den Geweben mit Nothwendigkeit gesetzt werden, die von weittragendem Einfluss auf den Stoffaustausch sein muss. Wenn das Blut, das wir schon oben als einen Repräsentanten der circulirenden Ernährungsflüssigkeiten (= Blastem) angesprochen haben, mehr Wasser und weniger feste Stoffe in sich enthält, so können die Organe, denen damit in der Zeiteinheit auch weniger feste, d. h. zersetzbare Stoffe zugeführt werden, auch selbstverständlich weniger zersetzen. Daraus ist direct ersichtlich, dass, die sonstige Zusammensetzung des Blutes als gleich vorausgesetzt, bei einem wasserreicheren Blute der Stoffwechsel hinter dem bei einem wasserärmeren zurückbleiben müsse. Dasselbe wurde früher schon für die Wasserzunahme in den Organen behauptet [1]).

In Bd. I (Tetanus), pg. 93 finden sich die oben schon erwähnten Versuche zusammengestellt, welche eine Wasserabnahme des Blutes mit dem

1) Tetanus Bd. I, S 73.

Tetanus beweisen, woraus sich nach dem Gesagten die Nothwendigkeit eines bedeutenderen Stoffwechsels nach dem Tetanus als vor demselben und während seiner Dauer, in der sich diese Veränderung des Blutes erst nach und nach entwickelt, ergibt.

In der Abnahme der festen Stoffe im Blute haben wir eine zweite Art, wie physiologisch die Blutmenge vermindert wird, indem hier — ein Gleichbleiben der relativen Gesammtblutmenge vorausgesetzt — die wesentlichen Blutstoffe eine Verminderung erfahren. Alles, was über die Wirkung einer Verminderung der flüssigen Gesammtblutmenge erkannt wurde, muss sich mit geringen Ausnahmen auch ergeben, wenn nur eine Verminderung der festen Blutstoffe allein eingetreten ist. Umgekehrt erscheint eine Zunahme der festen Blutbestandtheile in ihren Wirkungen mit einer Vermehrung der flüssigen Gesammtblutmenge als fast vollkommen gleichbedeutend.

Hier mögen aus diesem Gesichtspunkte einige Blutwasserbestimmungen im Gesammtblute von Menschen in verschiedenen Körperzuständen ihren Platz finden. Das Blut war durch Schröpfen am Oberarm gewonnen.

Nach den Mittelzahlen von Scherer und Otto [1]) beträgt für das normale Menschenblut:

| | | |
|---|---|---|
| Wassergehalt . . . | 79,06% | = 79 |
| feste Stoffe . . . | 20,94 | = 21 |
| | 100,00 | 100 |

bei zwei fiebernden, jungen, männlichen Kranken fand ich das Blut zusammengesetzt:

| | | |
|---|---|---|
| I. | Wasser . . . | 78,99 |
| | feste Stoffe . . | 21,01 |
| | | 100,00 |
| II. | Wasser . . . | 77,77 |
| | feste Stoffe . . | 22,23 |
| | | 100,00 |

Bei einem durch Typhus erschöpften Mann von 46 Jahren zeigte sich Blut bestehend aus:

| | | |
|---|---|---|
| III. | Wasser . . . | 88,93 |
| | feste Stoffe . . | 11,07 |
| | | 100,00 |

Bei einem Weib mit Eiweiss im Harn und beginnendem Oedem an den Füssen enthielt das Blut:

| | | |
|---|---|---|
| IV. | Wasser . . . | 81,98 |
| | feste Stoffe . . | 18,02 |
| | | 100,00 |

Besonders auffallend ist das Resultat von Versuch Nr. III. Es zeigt, wie durch gestörte Ernährung das Blut ganz in derselben Weise an festen Bestandtheilen abnimmt, wie wir das Band I, pg. 73 durch die Versuche über

1) C. Ludwig, Physiologie II, pg. 25.

Wasserbestimmungen in den verschiedenen Geweben alter Individuen für die übrigen Hauptbestandtheile des Körpers nachgewiesen haben.

Es kann sonach durch gestörte Ernährung der relative Wassergehalt des Gesammtorganismus — seiner Organe mit dem Blute — im Verhältniss zu den festen Stoffen auf das Doppelte ansteigen, mit anderen Worten, die festen Bestandtheile aller Organe und des Blutes, von denen, wie wir sahen, die Grösse des Stoffwechsels als von einem Hauptfactor mit bedingt wird, können um die Hälfte vermindert werden. Für die Aufgabe der Ernährung in und nach erschöpfenden Krankheiten gibt diese Erfahrung dem Arzte erwünschte Gesichtspunkte.

Auch Fall Nr. IV zeigt eine Vermehrung des Blutwassergehaltes (Hydraemie) während Nr. I und Nr. II für eine primäre Zunahme der festen Blutstoffe im Fieber sprechen, was vielleicht mit der Steigerung des Stoffverbrauchs im Fieber Hand in Hand gehen könnte. Die Verminderung des Wassers im Blute fiebernder Kranken hängt zunächst wohl mit dem gesteigerten Gesammtwasserverlust derselben durch Perspiration zusammen.

Derartigen Schwankungen, wie wir sie hier in dem Gehalte des Blutes an festen Stoffen im Allgemeinen angetroffen haben, begegnen wir bekanntlich auch, wenn wir das

Hämoglobin

als einen der wesentlichsten festen Blutbestantheile allein in's Auge fassen.

Schon oben wurde darauf hingewiesen, dass bei den Versuchen Heidenhain's über die verschiedene Färbekraft des venösen und arteriellen Blutes sich ein höherer Gehalt des venösen Blutes an Hämoglobin ergibt. Meine Versuche bestätigen diese Angabe, cfr. oben.

Ein analoger Unterschied in der Färbekraft des Blutes wurde durch die folgenden Versuche auch zwischen dem Blute geruhter und tetanisirter Thiere (Frösche) aufgefunden.

Sowohl im durchfallenden wie auffallenden Lichte erscheint das Blut tetanisirter Thiere meist etwas stärker tingirt, d. h. also reicher an Hämoglobin als das geruhter Exemplare. Zum Vergleiche wurden für die genaue Bestimmung von Farbendifferenzen geeignete gleich concentrirte Blutlösungen in Wasser hergestellt, sie zeigten die Differenz in dem angegebenen Sinne. Der Unterschied in der Färbekraft der beiden Blutarten erscheint jedoch im auffallenden Lichte viel bedeutender als im durchfallenden, in welchem die Bestimmung für quantitative Vergleichung angestellt werden. Der Grund für diese Erscheinung liegt darin, dass die Blutlösungen von Blut tetanisirter Frösche sich stets etwas getrübt zeigen, wie das Blut selbst, dadurch scheint fälschlich seine Färbekraft meist um vieles stärker als die des Blutes geruhter Thiere, dessen Lösungen diese Trübheit entweder gar nicht oder nur in geringem Grade zeigen. Versuche einer quantitativen Bestimmung dieses Farbenunterschiedes der beiden Blutarten im durchfallenden Lichte zeigten, dass die Differenzen noch nahezu in die gewöhnlichen Grenzen der Versuchsfehler bei den Farbenvergleichungen fallen. Ein Zusatz von 1—2$^{cc}$ Wasser zu 10$^{cc}$ einer für die die Farbenprüfung geeignet concentrirten Lösung tetanisirten Blutes machten im durchfallenden Lichte seine Farbe schon auffallend viel heller als die einer

von Anfang an gleichconcentrirten Lösung geruhten Blutes. Bei 2 unter 5 Versuchen war ein Unterschied zwischen den beiden Blutarten in Beziehung auf ihre Färbekraft nicht aufzufinden. Versuche, in denen das Blut tetanisirter Thiere weniger stark gefärbt hätte als das geruhter, kamen nicht vor.

Dadurch ist ein (geringes) Uebergewicht der Färbekraft des Blutes tetanisirter Frösche über das geruhter erwiesen. Der Unterschied ist übrigens so gering, dass er bei den Mengenbestimmungen des Blutes keine Berücksichtigung finden kann.

Ueber die Färbekraft des Blutes verschiedener Thierarten liegen mir vorerst nur 2 neue Versuche vor, eine Vergleichung zwischen Hunde- und Katzenblut.

Das Hundeblut zeigte sich darnach viel reicher an Hämoglobin als das Katzenblut.

0,4724 Gramm arterielles Katzenblut färben nach diesem Versuche gleich wie 0,3185 Gramm arterielles Hundeblut.

Setzen wir die in dem Hundeblut enthaltene Hämoglobinmenge = 100, so enthielt das zur Vergleichung benützte Katzenblut nur 67.

Eigens darauf gerichtete Versuche müssen ergeben, ob das Blut fettreicherer Thiere (Hauskatzen) stets weniger Hämoglobin enthält als das fettärmerer (Hunde), wie dieser Versuch anzudeuten scheint. A priori ist es nicht unwahrscheinlich, dass in manchen Stücken dieselben Gesetze für Hämoglobinvermehrung und Verminderung gelten werden, wie wir sie für die Vermehrung und Verminderung der Gesammtblutmenge aufstellen konnten. Durch Tetanus wird, wie wir sahen, die Blutmenge primär sehr bedeutend (um 26%) vermindert, die Hämoglobinmenge aber, wie wir sehen, nur spurweise vermehrt. Es spricht dieses Ergebniss für einen Verbrauch von Hämoglobin bei der Muskelleistung.

## Resultate.

1. **Durch die Arbeitsleistung der Muskeln wird die Gesammtblutmenge des Organismus primär vermindert. Diese Verminderung ist um so bedeutender, je stärker die Muskelleistung.**

2. **Gewöhnung an gesteigerte Muskelarbeit,** mit der sich der Organismus in's Gleichgewicht der Ernährung zu setzen vermochte, steigert für die Folge (secundär) die Gesammtblutmenge. Lange andauernde Muskelruhe setzt dagegen die Gesammtblutmenge herab.

3. Die Blutmenge kann auch physiologisch vermehrt und vermindert werden durch Vermehrung und Verminderung der eigentlich wirksamen Blutbestandtheile — der festen Blutstoffe, vor Allem des Hämoglobin's.

Langandauernde Ernährungsstörungen vermindern die festen Blutstoffe um die Hälfte. Fieber scheint, wie es auch vom Tetanus bewiesen ist, die festen Stoffe des Blutes primär zu vermehren.

Der Tetanus vermehrt den relativen Hämoglobingehalt des Blutes in geringerem Masse als er die Blutmenge vermindert, er verbraucht also dabin.

# Capitel III.

## Vertheilung des Blutes in den Organen geruhter Thiere.

### §. 1.

### Methoden.

Die Bestimmung der Blutvertheilung in den einzelnen Organen lebender Thiere bleibt eines der hervorragendsten Desiderien der Physiologie des Blutes, nachdem einmal die Gesammtblutmengenbestimmungen erledigt sind.

In dem Blute kennen wir den Hauptfactor aller Ernährung und Stoffumwandlung im thierischen Organismus. Die Untersuchungen der vorausgehenden Kapitel haben uns seine Wirksamkeit in einigen bisher noch nicht experimentell festgestellten Beziehungen erkennen lassen. Vor Allem sahen wir das Blut sich direct mit seiner Masse an der Thätigkeit der Organe, speciell der Muskeln, betheiligen. Schon aus der gesteigerten Fähigkeit der Arbeitsleistung der Muskeln durch eine Vermehrung ihres Blutgehaltes hatten wir diesen Schluss ziehen müssen, ebenso aus den bestimmten Veränderungen der Blutzusammensetzung durch eine anhaltende Muskelaction. Die Beobachtungen des vorstehenden Capitels zeigen uns nun aber direct, dass ein Theil der Gesammtblutmenge durch die Arbeit einzelner Organe des Körpers verbraucht wird.

Wir haben sonach in dem Sauerstoff-tragenden Hämoglobin die Ursache der Stoffzersetzung, in den festen Blutbestandtheilen überhaupt ein Ersatzmaterial, Reserve für den Verbrauch der Organe bei ihrer Thätigkeit, das überall, wo sein Zutritt nicht künstlich verhindert ist, direct mit an der Organaction durch Materiallieferung sich betheiligt. Das Experiment ergab, dass, je stärker die Organthätigkeit, desto stärker auch der Blutverbrauch sei, wie es nach den Ernährungsgesetzen von Bischoff und Voit vorauszusehen war.

Wir sahen weiter, dass die Gesammtblutmenge mit dem Stoffverbrauch des thierischen Gesammtkörpers in directem Verhältnisse stehe. Je mehr Blut, desto bedeutender der Stoffverbrauch, der Stoffwechsel.

Was sich für die Gesammtheit aller Organe ergibt, dürfen wir schon vor der experimentellen Entscheidung auch als Gesetz für jedes einzelne Organ vermuthen. Wenn mit der im Allgemeinen gesteigerten Blutmenge sich der allgemeine Stoffverbrauch des Organismus steigert, was ist gerechtfertigter als anzunehmen, dass auch in jedem Einzelorgan durch vermehrte Blutmenge eine Steigerung seines Stoffwechsels eintrete? Schon von vornherein hat diese Annahme ein Recht auf fast absolute Glaubwürdigkeit. Es wird uns in der Folge

gelingen, noch weitere exacte Beweise dafür beizubringen, als sie schon in der Einleitung erwähnt wurden. Schon jetzt beweisen uns die mehrerwähnten Versuche am Muskel, dass mit der gesteigerten Blutmenge die Fähigkeit eintritt zu einem Stoffmehrverbrauch, auf dem die grössere Arbeitsleistung eines blutreichen Muskels beruht.

Die Blutvertheilung in den einzelnen Organen, die nicht nur Leitungsorgane des Blutes sind, gewinnt dadurch ihre eigentliche Bedeutung. Der Blutreichthum eines Organs ist uns ein directes Maass für die Grösse des in ihm stattfindenden Stoffwechsels. Wir wollen uns bei den folgenden Betrachtungen dieses Maasses bedienen, ehe wir ein neues, aus der Thätigkeit der Organe selbst entlehnt, erhalten werden.

Der Gedanke, dass aus dem Reichthum der Blutgefässe, namentlich der capillaren auf die Energie der Stoffwechselvorgänge in denselben geschlossen werden dürfe, ist alteingebürgert. Stillschweigend oder ausdrücklich bezog man sich hierbei auf die oben formulirte Voraussetzung, dass die Blutmenge mit dem Stoffwechsel in einem directen Verhältnisse stehe, dass mit der ersteren eben auch der letztere gesteigert werde.

In dem Reichthum an Capillargefässen zeigen nun die thierischen Gewebe einen bedeutenden Unterschied.

Den grössten Reichthum zeigen die Drüsengewebe, vor Allem zeichnen sich das Lebergewebe und die Lungen dadurch aus. Weit ärmer erscheinen die Muskeln, Sehnen und Nervenstämme und weisse Nervensubstanz an Capillargefässen, während dagegen die graue Nervenmasse einen bedeutenden Reichthum an solchen erkennen lässt, woraus man sich gewöhnt hat, an eine grössere Stärke der Stoffwechselvorgänge in diesem Centralorgane der Nerveneinwirkung zu glauben. Das Zwischenbindegewebe tritt zwar als Träger der grösseren Blutgefässe auf, es besitzt aber selbst keinen dem des Drüsengewebes vergleichbaren Reichthum an Capillaren. Dasselbe ist mit der compacten Knochenmasse und mit der äusseren Körperhaut der Fall.

Die mikroskopische Beobachtung würde uns schon erlauben, eine Scala über den Blutreichthum der Organe und damit über die vermuthliche Energie des in ihnen vor sich gehenden Stoffwechsels aufzustellen. In dieser Scala würde wohl die Leber neben der Lunge die erste Stelle einnehmen, dann die übrigen Drüsen, graue Nervenmasse, Muskeln, weisse Nervensubstanz und Nervenstämme, Bindegewebe mit Sehnen, Häuten und Knochen und der äusseren Körperhaut, Hornhaut und Knorpel, dann Glaskörper und Linse machten den Schluss.

Wenn wir Knochen, Muskeln, Nervensubstanz und Haut unter der Bezeichnung: Bewegungsapparat zusammenfassen, so lassen vielleicht schon diese Ergebnisse der mikroskopischen Analyse vermuthen, dass sich in der noch restirenden Organgruppe, die wir als Drüsenapparat und Blutleitungsapparat bezeichnen können, obwohl sie an absolutem Gewicht der ersteren nachsteht, ein bedeutender Theil der Gesammtblutmenge finden werde.

Da es darauf ankam, die Blutmengen selbst zu bestimmen, die in dem Organe in der Zeiteinheit vorhanden sind, so konnte vorerst nur die Welcker'sche Blutbestimmungsmethode hier in Anwendung gezogen werden. Bei Frosch en

bietet die Blutbestimmung in dem Bewegungsapparate sehr geringe Schwierigkeiten dar. Mit einem feinen, aber genügend starken Faden wird der Oberschenkel umschlungen und, ohne dass dem Thiere sonst ein weiterer Zwang angethan würde, plötzlich zugezogen. Die Muskeln lassen sich bekanntlich leicht dadurch zertrennen, und es ist nicht ersichtlich, wie hierbei ein Verlust von Blut in dem abgebundenen Organe eintreten könnte. Nur insofern existirt eine Fehlerquelle, als man sich hüten muss, noch grössere Stücke der Extremität über dem Unterbindungsfaden mit zu den auf ihren Blutgehalt zu prüfenden Organen hinzuzubekommen. Durch die Unterbindung sind die oberhalb des Unterbindungsfadens liegenden Gewebspartien in ihrem normalen Blutgehalt bedeutend vermindert. Offenbar wird durch die angewendete Pressung das Blut der oberhalb liegenden Organe dem Stamme zu gedrückt, wie das unterhalb befindliche Blut nach abwärts gepresst wird. Vor der Unterbindung wurden stets noch einige leichte passive Bewegungen mit den Gliedern gemacht, auch wenn auf einen relativen Ruhezustand geprüft werden sollte.

Die Unterbindung der Lebergefässe und das Ausschneiden dieses Organes ohne Blutverlust gelingt nach einiger Uebung ebenfalls leicht. Das Thier muss natürlich bei dieser Operation ohne Druck auf seine Extremitäten befestigt sein, welches am besten durch einige in der Haut befestigte Stiftchen geschieht.

Schwieriger als an Fröschen sind die zu diesen Blutbestimmungen nöthigen Operationen an Säugethieren. Hier ist eine sehr sorgfältige und geschickte Assistenz unumgänglich nöthig. Ich benütze hier die Gelegenheit, das Verdienst des Herrn Dr. L. Pulle anzuerkennen, dem ich das Gelingen der folgenden Versuche wesentlich mit zu danken habe. Bei der Bestimmung der Blutmengen in den hinteren Extremitäten von Kaninchen, Hunden und Katzen mussten, nachdem die Ligatur lose um die Gefässe gelegt war, die Hinterbeine losgebunden und bei möglichst geringem Druck mehrmals passiv bewegt werden, um die durch das Aufbinden gestörte Circulation wieder in Gang zu setzen. Nun wurde doppelt unterbunden und sofort mit einem Schlag des schweren Hammers auf das grosse Hackmesser die unteren Extremitäten abgetrennt. Der Assistent erhob in demselben Augenblicke diese letzteren mit der Wunde nach aufwärts und mit raschen Scheerenschnitten wurde die Eingeweide- und Hautverbindung noch durchtrennt. Um die stärkere Füllung der Eingeweide mit Blut zu verhüten, wurden sie nicht, resp. möglichst wenig entblösst. So gelingt es sicher, wenn nur die Unterbindungen gelungen sind, die gesammte in den unteren Extremitäten enthaltene Blutmenge zusammenzuhalten. Anfänglich liess ich die nach der Unterbindung getödteten Thiere gefrieren, stand aber nachher aus verschiedenen Gründen davon ab, besonders aber, weil ich einen grösseren Verlust an Blut aus den unteren Bewegungsorganen durch Anastomosen in dem Rückgratskanal zu beobachten glaubte. Dieser etwaigen Ausgleichung wegen wurde eben das Abtrennen momentan nach der Unterbindung in der oben geschilderten Weise vorgenommen und jene ersten Versuche cassirt.

Noch mehr Sorgfalt und geschickte Unterstützung erfordern die Abbindungen der Lebergefässe bei Kaninchen. Wir gewöhnten uns auf ein gegebenes

Commando gleichzeitig zuzuschnüren. Ueber die weiteren Organe ist Nichts zu sagen.

Selbstverständlich wurden die Thiere nicht anästhesirt oder narkotisirt, und von vornherein nur solche Versuche als brauchbar betrachtet, in denen die Operationen ohne allen Blutverlust gelungen waren. Bei der Untersuchung der Leber waren dazu noch einige Hülfsunterbindungen in der Muskulatur nöthig die übrigens mit einiger Aufmerksamkeit auf das Sicherste gelingen.

Der Grund, warum diese selbstverständlichen Operationsmomente angegeben werden, ist einzig der, zu zeigen, dass kein möglicherweise zu berücksichtigender Versuchsfehler unbeachtet blieb. Die Versuche machen Anspruch auf die grösste Genauigkeit, mit der sie wohl überhaupt ausgeführt werden können [1]).

Was über die Ausführung der Welcker'schen Methode im Capitel II gesagt wurde, bedarf hier keiner Wiederholung.

Wir schreiten sogleich zur Darstellung der Versuche selbst.

## §. 2.

## Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungsapparate geruhter lebender Froschmännchen.

Um den Blutgehalt im gesammten Bewegungsapparate am lebenden Thiere zu bestimmen, wurde ein Theil desselben direct abgebunden und der Blutgehalt desselben gemessen.

Der übrige Bewegungsapparat wurde gewogen und nach dem Verhältniss des Blutgehaltes, der in dem abgebundenen Theile desselben direct bestimmt war, sein Blutgehalt gerechnet. Diese Blutmenge abgezogen von der Gesammtblutmenge ergab den Blutgehalt des Drüsenapparates mit dem des Blutleitungsapparates.

In folgender Tabelle VII sind einige Versuche an Fröschen zusammengestellt welche die Blutmenge im Bewegungsapparat relativ geruhter Thiere zusammenfasst. Um dem Einzelversuch nicht zu viel Platz einräumen zu müssen, sind sowohl die absoluten als die relativen beobachteten Gewichtsverhältnisse eingetragen. Die Versuche dienen zugleich als Controlbestimmungen, indem sie die Differenzen zeigen, die zwischen dem Blutgehalte ruhender Extremitäten vorkommen können. Da der Blutgehalt unter dem Einfluss des Tetanus später bestimmt werden soll, ist diese experimentelle Betrachtung unerlässlich. Der erstabgeschnittene Schenkel wurde mit *a*, der zweite mit *b* bezeichnet.

1) Dr. Gscheidlen's schon mehrfach erwähnte Versuche über denselben Gegenstand werden unten mit berücksichtigt werden.

## Tabelle VII.

## Ueber den Blutgehalt des Bewegungsapparates geruhter Frösche (Männchen).

| Versuchs-Nummer. | Körpergewicht in Grammen. | Bewegungsapparat in Grammen. | Blutgewicht in | | Schenkelgewicht a=b in Grammen. | Inspections-Ergebniss des Blutes. | Blutmenge des | | b differirt von a um | | Der Bewegungsapparat enthält Blut in | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grammen. | Procenten des Körpergewichts. | | | erstabgeschnittenen Schenkels = a in Grammen. | zweitabgeschnittenen Schenkels = b in Grammen. | Grammen. | Procente. | Grammen. | Procenten d. Gesammtblutmenge. | Procenten des Organgewichts. |
| 1. | — | — | — | — | 8,0 | Beide Blutlösungen = 50cc sind fast gleich colorirt, b etwas stärker. 40cc a = 46cc b [1] | 0,1338 | 0,1561 | + 0,0213 | + 16% | — | — | 1,82% |
| 2. | — | — | — | — | 6,7 | 40cc a = 43cc b | 0,1048 | 0,1130 | + 0,0082 | + 7% | — | — | 1,63% |
| 3. | — | — | — | — | 8,0 | 40cc b = 48cc a | 0,1513 | 0,1261 | — 0,0252 | — 20% | — | — | 1,73% |
| 4. | 49,5 | 44,2 | 2,4332 | 4,91% | 9,0 | 40cc b = 45cc a | 0,1777 | 0,1565 | — 0,0212 | — 13% | 0,8221 | 33,3% | 1,86% |
| 5. | 33,7 | 30,2 | 1,6786 | 4,92% | 5,9 | 40cc a = 46,7cc b | 0,1032 | 0,1205 | + 0,0173 | + 16% | 0,5617 | 33,4% | 1,89% |
| 6. | 42,8 | 37,8 | 2,0000 | 4,72% | 7,4 | 40cc b = 56cc a | 0,1040 | 0,0984 | — 0,0056 | — 5% | 0,4990 | 25,0% | 1,32% |
| **Im Mittel:** | **42,5** | **37,4** | **2,0373** | **4,85%** | **7,7** | Das Versuchsergebniss zeigt keinerlei Constanz, einmal enthält a mehr Blut. ein andermal b. | **0,1295** | **0,1284** | **a — b = 0,0011** | **a — b = — 1%** | **0,6276** | **30,8%** | **1,709%** |

1) Zu 40cc b müssen noch 6cc Wasser gesetzt werden, um es auf die Concentration von a zu bringen; in analoger Weise sind die folgenden Angaben zu verstehen. Die rechts stehende Blutlösung ist immer die concentrirtere.

Die fein zerhackten Schenkel wurden — die Haut ihrer stark sauern Reaction wegen stets gesondert — mit je 50cc Wasser angegossen, um die Concentration der Blutlösungen vergleichen zu können. Nachdem die Mischungen gleichlang gestanden, wurden sie auf ihre Differenzen in der Concentration geprüft. Die Rubrik: Inspections-Ergebniss des Blutes stellt die hierbei für die Verwerthung der Versuche als Controle für Versuche bei Tetanus wichtigen Ergebnisse zusammen. Die Concentrationen waren niemals absolut gleich, obwohl stets sehr ähnlich. Es müssen zur einen oder anderen der Blutmischungen noch einige Cubikcentimeter Wasser gegeben werden, um sie auf die Verdünnung der anderen zu bringen. Die physiologischen Schwankungen im Blutgehalte der Muskelsubstanz, auf die ja die Blutmenge des Bewegungsapparates sich vor Allem bezieht, ist, wie die quantitativen Vergleiche ergeben, auch während der relativen Muskelruhe nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterworfen. Sie betragen im Maximo bis 20%, man vergleiche Nr. 3 und Nr. 5 der Tabelle. Aber gerade diese beiden Versuche zeigen auch, dass diese Differenzen wenigstens von der Zeit des Abschneidens des Schenkels unbeeinflusst sind. In den folgenden Versuchen mit Tetanus musste der Natur der Sache nach der zum Vergleich dienende, relativ geruhte Schenkel früher vom Gesammtkörper getrennt werden, als der tetanisirte. Es wäre a priori nicht als unmöglich zu bezeichnen gewesen, dass die Zeit des Abschneidens eine constante Differenz im Blutgehalte bedinge. Würde eine solche Differenz mit der, die der Tetanus setzt, in der Richtung und Grösse zusammenfallen, so wären dadurch wohl vergleichende Bestimmungen, wie wir sie beabsichtigen, unmöglich gemacht. Die Resultate zeigen nun, dass eine Constante der Versuche in der Richtung der Zeit des Abschneidens nicht existirt. Die verschieden gerichteten Differenzen gleichen sich gegenseitig fast vollkommen aus, sodass zuletzt nur noch eine Differenz von 1% übrig bleibt, die auf Rechnung des erstabgeschnittenen Schenkels fällt. Da die bei Tetanus beobachteten Differenzen weit grössere sind, als die hier zur Geltung kommenden, da sie stets nach einer und derselben Seite eintreten, so dürfen wir ohne weiteres Bedenken annehmen, dass die hier mitgetheilten Controlversuche die Beweiskraft der folgenden vollkommen erhärten.

Ausser diesem die Sicherheit der angewendeten Methode ergebenden Versuchsresultate ertheilen uns die vorstehend mitgetheilten Beobachtungen auch noch eine Reihe von Aufschlüssen, die mit der Gesammtfrage in directer Beziehung stehen.

Die hier zunächst der Vergleichung zu Gebote stehenden Versuche ergeben als Durchschnittsresultat die Blutmenge der Gesammtfrösche zu:

$$4{,}85\%;$$

aus den früher mitgetheilten Versuchen wissen wir, dass dieselben steigen können bis auf: 9,0% und dass unsere Gesammtmittelzahl aus allen an geruhten Fröschen angestellten Blutbestimmungen den Werth: 6,52% ergeben hat.

Aeusserst auffallend sind im Vergleiche damit die Werthe, welche wir hier für die Blutmengen im Bewegungsapparat der Frösche verzeichnet finden.

In der vorstehenden Tabelle schwankt der procentische Blutgehalt des Bewegungsapparates zwischen:

1,89% und 1,32%.

Im Mittel beträgt er

**1,709%.**

Aus den obigen Zusammenstellungen ergibt sich weiter, dass der Bewegungsapparat: 89,3% des Gesammtkörpergewichts für sich in Anspruch nimmt, sodass für den Drüsenapparat nur 10,7% verbleiben.

Was für ungemein grosse Differenzen in dem relativen Blutgehalte der Organe lassen diese Beobachtungen erkennen!

Nach der angeführten Berechnungsweise finden wir, dass von dem Gesammtblutgehalte der Frösche nur: 30,8% im Bewegungsapparat enthalten sind, für den Drüsen- und Blutleitungsapparat bleiben daher noch: **69,2%** der Blutmenge.

Diese Mittelzahlen behalten auch ihre Geltung bei Betrachtung einer noch weit grösseren Anzahl von Versuchen, die in der Folge noch weiter besprochen werden sollen. Aus denselben berechnet sich das Mittel des Blutgehaltes im Bewegungsapparate geruhter Thiere auf: 1,707%, was von dem Mittelwerthe unserer Tabelle nur um 0,002% = 0 sich unterscheidet.

Vorläufig stehen diese weiteren Werthe in folgender kleinen Hülfstabelle, welche nur den procentischen Blutgehalt des Bewegungsapparates geruhter Thiere enthält, der uns hier vor Allem interessirt.

Hülfstabelle zu Tabelle VII.

**10 weitere Versuche über den Blutgehalt des Bewegungsapparates geruhter Froschmännchen.**

| Versuchs-Nummer. | Blutgehalt in Procenten des Gewichts des Bewegungsapparates. |
|---|---|
| 1. | 1,725% |
| 2. | 2,043% |
| 3. | 1,714% |
| 4. | 1,743% |
| 5. | 2,479% |
| 6. | 1,726% |
| 7. | 1,122% |
| 8. | 1,709% |
| 9. | 1,058% |
| 10. | 1,667% |
| **Im Mittel:** | **1,707%** |

Es ist einleuchtend, dass dieses Ergebniss des Versuchs uns einen Einblick in unerwartete Verhältnisse des Organstoffwechsels gewährt.

Man glaubte bisher meist annehmen zu dürfen, dass der Bewegungapparat des thierischen Körpers, dessen Hauptmasse die Muskeln ausmachen [1]), sich

1) Die näheren Verhältnisse siehe in den folgenden Capiteln.

dem Organgewichte entsprechend an dem Stoffwechsel betheilige. Wenn man auch nicht volle 89,3% des Stoffwechsels auf die Muskulatur (Bewegungsapparat) rechnen zu können meinte, so schien doch immerhin weitaus der grösste Theil des Stoffumsatzes in der den grössten Theil des Körpers ausmachenden Muskulatur stattzufinden[1]). Das Ergebniss der Blutbestimmung lehrt uns, dass diese scheinbar so gerechtfertigte Vermuthung sich nicht bestätigen werde. Nehmen wir das Blut, welches in den Organen in der Zeiteinheit enthalten ist als Maass des in ihnen vor sich gehenden Stoffwechsels an, so können wir nach den hier mitgetheilten Zahlenwerthen für den Blutgehalt, dem Bewegungsapparat, vorläufig nur eine Betheiligung von

**30,8%**

an dem Gesammtstoffwechsel zugestehen, da der Blutgehalt des Bewegungsapparates nur 30,8% der gesammten Blutmasse des Froschkörpers beträgt. Der Drüsenapparat würde danach mit einer Grösse von

**69,2%**

an dem Gesammtstoffwechsel Antheil nehmen.

Dieses Verhältniss gestaltet sich für den Bewegungsapparat noch ungünstiger, wenn wir nicht die aus den drei in Tabelle VII direct zum Vergleich angestellten Versuchen berechnete Mittelzahl für den Gesammtblutgehalt der Frösche in Rechnung ziehen, sondern, den weiteren Blutbestimmungen im geruhten Bewegungsapparat entsprechend, die oben angeführte höhere Gesammtmittelzahl aller Blutbestimmungen an geruhten Froschmännchen.

Doch leuchtet ein, dass wir bei einer derartigen Rechnung von dem Blutgehalte der Organe auf den Stoffwechsel noch eine, wie sich ergeben wird, sehr bedeutende Correctur anzubringen haben. Von den 69,2% Blut in den nicht zum Bewegungsapparat zu rechnenden Körperorganen befindet sich ein noch unbestimmter Antheil, nach unseren späteren Beobachtungen wohl mehr als die Hälfte, in den grossen, der Circulation dienenden Gefässen und im Herzen, in denen der Stoffwechsel doch offenbar nicht mit gleicher Stärke stattfindet wie bei dem Wechselverkehr des Blutes mit den Organen in dem Capillarkreislaufe. Diese nicht unbeträchtliche Blutmenge wird zum grössten Theil von der gesammten Körperblutmenge abgerechnet werden müssen, um eine Vergleichung der Organthätigkeiten je nach ihrem Blutgehalte zu ermöglichen in dem Sinne, den wir diesen Versuchen beilegen. In den folgenden Resultaten finden wir dazu das nöthige Versuchsmaterial.

Vorläufig weisen wir nochmals darauf hin, dass der Drüsen- und Blutleitungsapparat des Frosches 10,7% des Gesammtkörpergewichtes ausmacht. Da in ihm 69,2% der gesammten Blutmenge enthalten sind, so beträgt sein auf sein Organgewicht berechneter procentischer Blutgehalt

**27,4%,**

während, wie mehrmals erwähnt, der Bewegungsapparat nur 1,707%, resp 1,709% im Mittel enthält. Sehen wir von der als nothwendig sich ergebenden Correction dieser Zahlenwerthe ab, so lässt sich aussprechen, dass sich die

[1]) z. B. A. Fick, med. Physik. S. 209. II. Auflage. 1866.

relative Stärke des Stoffwechsels in dem Bewegungsapparate zu dem in dem Drüsen- und Blutleitungsapparate verhalte wie 1,707 : 27,4, d. h. wie

**1 : 16.**

In einem bestimmten Gewichte Muskelsubstanz wäre danach der Stoffwechsel 16 Mal geringer als in dem gleichen Gewichte von Drüsen- und Blutleitungssubstanz.

Es wird sich ergeben, dass diese enorm scheinenden Unterschiede wirklich in kaum geringerer Höhe, als sie hier ohne Correctur sich stellen, zur Wirksamkeit kommen.

In dem folgenden Paragraphen werden die analogen Versuchsergebnisse für Warmblüter zusammengestellt.

## §. 3.

## Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungsapparate lebender geruhter Säugethiere.

### I.

### Versuche an Kaninchen.

In dem vorstehenden Paragraphen wurden zuerst die Versuche an Fröschen beschrieben, da bei denselben gegen die Versuchsmethode keine gegründeten Einwendungen gemacht werden können. Hier folgen die Versuche an Säugethieren, welche, in der oben angeführten Weise mit der grössten Sorgfalt ausgeführt, allen Anspruch auf grösstmögliche Genauigkeit ihrer Resultate machen. An lebenden Kaninchen wurden 6 derartige Beobachtungen gemacht (s. folg. Seite).

Die auffallenden Unterschiede zwischen dem procentischen Blutgehalte des Bewegungsapparates und des Drüsen- und Blutleitungsapparates, denen wir bei den Fröschen begegneten, finden wir in analoger Weise auch bei den Kaninchen wieder, bei den ersten Repräsentanten der Säugethiere, die wir betrachten.

Es berechnet sich aus den Versuchen ein mittlerer Blutgehalt für den

Bewegungsapparat der Frösche . . . 1,7%,
» » Kaninchen . . 2,7%,

während der Drüsen- und Blutleitungsapparat dagegen an Blut enhält

bei Fröschen . . . 27,4%,
» Kaninchen . . 18,0%.

Im Allgemeinen ist der Blutgehalt der Säugethierbewegungsapparate, also namentlich der Muskeln, ein höherer als bei Kaltblüttern, der Stoffwechsel in ihnen also dem entsprechend ein stärkerer, was wir aus anderen, allgemeinen Beobachtungen längst haben schliessen dürfen. Den procentischen Blutgehalt der zweiten Organgruppe können wir vor der Anbringung der Correction für den Blutleitungsapparat keiner ausreichenden Analyse unterwerfen. Erst wenn der Blutgehalt der einzelnen Drüsen bekannt sein wird, können wir darüber Aufschluss erwarten, ob der Drüsenstoffwechsel bei Säugethieren sich dem höheren Muskelstoffwechsel analog auch höher zeigt als bei Fröschen.

## Tabelle VIII.

## Ueber den Blutgehalt des Bewegungsapparates und der Eingeweide lebender geruhter Kaninchen.

| Versuchs-Nummer. | Beobachtungsthier. | Körperreingewicht in Grammen. | Eingeweide in | | Bewegungsapparat in | | Gesammtblutmenge in | | Blutmenge in den Eingeweiden in | | | Blutmenge im Bewegungsapparat in | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grammen. | Procenten des Körpergewichts. | Grammen. | Procenten des Körpergewichts. | Grammen. | Procenten des Körpergewichts. | Grammen. | Procenten d. Gesammtblutmenge. | Procenten des Organgewichts. | Grammen. | Procenten d. Gesammtblutmenge. | Procenten des Organgewichts. |
| 1. | Kaninchen (geruht) | 1244 | 179 | 14,4% | 1065 | 85,6% | 55,03 | 4,4% | 39,21 | 71,29% | 21,9% | 15,82 | 28,71% | 1,5% |
| 2. | » | 1304 | 197 | 15,1% | 1170 | 84,9% | 72,72 | 5,6% | 44,09 | 60,63% | 22,9% | 28,63 | 39,37% | 2,2% |
| 3. | » | 221 | 54,6 | 24,6% | 166,9 | 75,4% | 18,07 | 8,2% | 10,31 | 57,13% | 18,9% | 7,76 | 42,87% | 4,7% |
| 4. | » | 1023 | 187 | 18,2% | 836 | 81,8% | 39,39 | 3,7% | 28,57 | 62,10% | 15,3% | 10,81 | 37,90% | 1,3% |
| 5. | » | 418 | 115 | 27,5% | 303 | 72,5% | 25,46 | 6,1% | 17,24 | 67,80% | 15,0% | 8,22 | 32,20% | 2,7% |
| 6. | » | 288 | 85 | 29,5% | 203 | 70,5% | 19,73 | 6,9% | 12,03 | 61,00% | 14,1% | 7,70 | 39,00% | 3,8% |
| | **Im Mittel:** | | | **21,5%** | | **78,5%** | | **5,8%** | | **68,4%** | **18,0%** | | **36,6%** | **2,7%** |
| | Grenzwerth I (Maximum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate): | | | | | | | | | **57,13%** | 18,9% | | **42,87%** | 4,7% |
| | Grenzwerth II (Minimum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate): | | | | | | | | | **71,29%** | 21,9% | | **28,71%** | 1,5% |

Die procentische Vertheilung des Gesammtblutes auf die einzelnen Organgruppen ist bei Fröschen und Kaninchen auffallend ähnlich. Es beträgt in Procenten der Gesammtblutmenge

die Blutmenge des Bewegungsapparates bei Fröschen . . 30,6%,
die Blutmenge des Drüsen- und Blutleitungsapparates bei Fröschen . . . . . 69,4%,

dagegen finden wir hier

die Blutmenge des Bewegungsapparates bei Kaninchen . . 36,6%,
die Blutmenge des Drüsen- und Blutleitungsapparates bei Kaninchen . . . . . 63,4%.

Die Uebereinstimmung der Resultate ist eine so auffallende, dass sie sich gegenseitig zur Controle dienen. Die beiden Versuchsmethoden verdienen sonach, wie es scheint, gleiches Vertrauen.

Nach Berücksichtigung des Gemeinsamen in den Resultaten müssen wir unsere Aufmerksamkeit noch den Differenzen derselben zuwenden im Zusammenhalt mit den bisherigen Versuchsergebnissen.

Aus Tabelle II und ihrer Hülfstabelle ergibt sich, dass kleinere, jüngere Thiere derselben Thierspecies relativ mehr Blut enthalten als ältere, ausgewachsene, besonders als fette Exemplare. Wir bezogen diesen höheren Blutreichthum dort auf eine grössere Energie des Gesammtstoffwechsels bei diesen Thieren, welchen nach Tabelle I auch ein grosser Stoffverbrauch entspricht. Jetzt sehen wir ganz analoge Differenzen des Blutreichthums wie dort bei Betrachtung des Gesammtorganismus so auch hier bei Betrachtung einzelner Organgruppen auftreten.

Mit dem steigenden Körpergewicht sehen wir eine Abnahme der procentischen Blutmenge im Bewegungsapparat, auf das Gewicht des letzteren bezogen, eintreten.

Bei Kaninchen mit einem Körperreingewicht über 1000 Gramm enthält der Bewegungsapparat Blut Nr. 1, 2, 4) . . . . 1,67%.
Bei Kaninchen mit einem Körperreingewicht unter 500 Gramm dagegen (Nr. 3, 5, 6) . . . . . 3,73%.

Bei jüngeren, kleineren, magereren Thieren sehen wir danach im Mittel den Blutgehalt der Muskelsubstanz resp. des Bewegungsapparates um mehr als das Doppelte höher als bei älteren, grösseren, fetteren. Der Bewegungsapparat betheiligt sich sonach bei ersteren um mehr als die Hälfte intensiver an dem Gesammtstoffwechsel als bei den erwachsenen Thieren der zweiten Gruppe.

Aus den beobachteten Verhältnissen des Blutgehaltes des Drüsen- und Blutleitungsapparates scheint sich nach den vorstehend mitgetheilten Zahlen ziemlich das Gegentheilige zu ergeben. Stellen wir die Mittelzahlen wie oben zusammen, so haben wir:

bei Kaninchen mit einem Körperreingewicht über 1000 Gramm enthält der Drüsen- und Blutleitungsapparat Blut (Nr. 1, 2, 4) 20,0%,
bei Kaninchen mit einem Körperreingewicht unter 500 Gramm dagegen (Nr. 3, 5, 6) . . . . . 16,1%.

Lassen wir dieses letztere Ergebniss zuerst im Weiteren unerörtert, so ergibt sich jetzt doch mit aller Sicherheit schon aus ihm und den Beobachtungen am Bewegungsapparat:

Bei jüngeren, kleineren, fettärmeren Thieren ist der Stoffwechsel, wie oben erwiesen, Hand in Hand gehend mit der Gesammtblutmenge gesteigert. Diese Steigerung bezieht sich zum Theil auf die Organe des Bewegungsapparates, in denen die Blutmenge und damit der Stoffwechsel bei gleichem Gewicht sich mehr als doppelt so gross zeigen als bei Thieren mit der entgegengesetzten Körperconstitution.

Zum Theil mag dieses Verhältniss mit den Phänomenen des Wachsthums des Bewegungsapparates zusammenhängen, zum anderen Theil begegnen wir vielleicht hier wie oben einer Einwirkung der Fettanhäufung im Bewegungsapparat, die die Blutmenge relativ wie absolut herabsetzt.

In Beziehung auf die Vertheilung der Gesammtblutmenge lassen sich keine den eben besprochenen Unterschieden ähnliche Differenzen erkennen. Alle Organe enthalten sonach absolut mehr Blut bei den kleineren Thieren.

Wir werden später sehen, dass andere Gründe dafür sprechen, dass auch der Drüsenstoffwechsel bei den jüngeren, kleineren und fettärmeren Individuen grösser ist.

Als allgemeines Resultat heben wir schliesslich noch einmal hervor, **dass auch bei Kaninchen von der Gesammtblutmenge kaum mehr als $^1/_3$ in dem Bewegungsapparate enthalten ist,** während auch hier der Bewegungsapparat weitaus die Hauptmasse des Körpers ausmacht, im Mittel 78,5%. Der grösste Antheil des Stoffwechsels fällt sonach **nicht** auf den Bewegungsapparat, resp. nicht auf die Muskeln, die die Hauptmasse desselben ausmachen.

R. Gscheidlen hat vor uns 5 Versuche über die Blutvertheilung in lebenden Kaninchen angestellt.

Er suchte den Blutgehalt sämmtlicher Organe und Gefässe in der Brust und in der Bauchhöhle zusammen zu bestimmen. Er verfuhr dabei folgendermassen[1]:

»Ich öffnete einem Kaninchen, dessen Gewicht vorher bestimmt war, die Bauchdecke und unterband die arteriellen und venösen Gefässe dicht unter ihrem Austritt am Zwerchfell in Bausch und Bogen, dann unterband ich die untere Hohlvene und die absteigende Aorta an ihrer Verzweigung in die Art. und Venae iliacae. Hierauf tödtete ich das Thier durch einen kleinen Stich beiderseits in das Zwerchfell, breitete dessen Därme auf einer Glasplatte aus und brachte das Thier in einen wasserdicht schliessenden Zinkkessel, welcher in eine künstliche Kältemischung, aus Kochsalz und Eis erzeugt, gesetzt wurde. Nach einiger Zeit, 4—5 Stunden gewöhnlich, war das Thier in allen seinen Theilen gefroren etc. etc.«

Die Aufgabe, welche sich R. Gscheidlen gestellt hatte, ist offenbar weit schwieriger zu lösen als unsere, in welcher nur eine einzige grössere Unter-

1) Würzburger physiologische Untersuchungen III. Heft. S. 455.

bindung nöthig war. Er sagt selbst über die Fehlerquellen seiner Beobachtungen:

»Es ist z. B. nicht gleichgültig, ob die Arterien und Venen zuerst unterhalb des Foramen quadrilaterum unterbunden werden oder dieselben vor ihrer Verzweigung in die Beckengefässe. Die Werthe, die man bekommt, sind auch wesentlich abhängig von dem Erregungszustande, in dem sich das Thier befindet. Ein wesentlicher Factor ist ferner die Schnelligkeit, mit der operirt wird. Es können daher obige Resultate keinen Anspruch machen auf Anschaulichkeit der Blutvertheilung im normalen Zustande, sondern sie sind nur als Vorstudien zu betrachten zu einer exacten Bestimmung der Blutvertheilung im Thierkörper. Jedenfalls aber geht dies aus den Versuchen hervor, dass die Mengenverhältnisse des Bluts in der Brust und Bauchhöhle sehr variirend sein können. Dieser Satz, schon längst bekannt, wird hier durch Zahlen bewiesen.«

Auf den Zustand der Muskelruhe und Muskelthätigkeit und die dadurch für den Blutgehalt der Organe sich ergebenden Unterschiede wurde dabei nicht geachtet.

Trotz all dieser von Gscheidlen theilweise selbst aufgeworfenen Bedenken stimmen seine Resultate, obwohl in ihnen das Reingewicht und die Gesammtblutmenge nicht direct bestimmt, sondern nur nach Mittelwerthen berechnet wurden, doch ziemlich gut mit den vorstehend mitgetheilten und den im Capitel IV folgenden überein. Wir müssen aus der oben angeführten Bemerkung Gscheidlen's über den Erregungszustand annehmen, dass seine Thiere zum Theil stärkere Muskelbewegungen während der ziemlich langdauernden Operation gemacht haben.

In seiner Tabelle III stimmen die Versuche Nr. 1 (resp. XIV) und 4 und 5 (resp. XVII und XVIII) gut mit unseren Beobachtungen an ruhenden Kaninchen, die Versuche 2 und 3 (resp. XV und XVI) stimmen ebenso genau mit unseren Ergebnissen bei Muskelaction der Kaninchen überein. Die von Gscheidlen beobachteten Schwankungen im Blutgehalt der Bauch- und Brusthöhle gehen aus unseren vorstehenden Untersuchungen mit denen des Capitel IV ebenso wie aus seinen hervor. Ueber die Bestimmungen des Organblutgehaltes bei Gscheidlen cfr. §. 5 und 6.

## II.

## Versuche an Fleischfressern.

Es wurden die Blutmengen im Bewegungsapparate noch weiter an zwei Hunden und einer Katze bestimmt.

Die Resultate sind in folgende Tabelle zusammengefasst, welche vollkommen der Tabelle VIII entspricht.

Die Methoden sind im Allgemeinen die bei Kaninchen verwendeten; die mitgetheilten Versuche gelangen vollkommen.

## Tabelle IX.

### Ueber den Blutgehalt des Bewegungsapparates und der Eingeweide lebender geruhter Fleischfresser.

| Versuchs-Nummer. | Beobachtungsthiere. | Körpergewicht in Grammen. | Eingeweide in | | Bewegungsapparat in | | Gesammtblutmenge in | | Blutmenge in den Eingeweiden in | | | Blutmenge im Bewegungsapparat in | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grammen. | Procenten des Körpergewichts. | Grammen. | Procenten des Körpergewichts. | Grammen. | Procenten des Körpergewichts. | Grammen. | Procenten d. Gesammtblutmenge. | Procenten des Organgewichts. | Grammen. | Procenten d. Gesammtblutmenge. | Procenten des Organgewichts. |
| 1. | **Hund** | 4744 | 857 | 18,3% | 3653 | 81,8% | 326,6 | 7,0% | 248,83 | 67,00% | 25,5% | 107,74 | 33,00% | 3,0% |
| 2. | **Hund** sehr fett | 10370 | 1504 | 14,4% | 8443 | 85,6% | 664,38 | 6,4% | 338,00 | 50,88% | 22,5% | 326,38 | 49,12% | 3,8% |
| **Im Mittel** für Hunde: . . | | | | 16,3% | | 83,7% | | 6,7% | | 59% | 24,0% | | 41% | 3,4% |
| 3. | **Katze** sehr fett | 2366 | 248 | 12,8% | 1934 | 87,2% | 107,57 | 4,55% | 176,81 | 74,4% | 17,8% | 30,76 | 28,6% | 1,6% |
| **Gesammtmittel** für Fleischfresser . . . . . | | | | 14,6% | | 85,4% | | 5,6% | | 60,2% | 20,9% | | 34,8% | 2,5% |

Im Allgemeinen zeigen diese Versuche an Fleischfressern ähnliche Resultate, wie wir sie bisher angetroffen. Der Bewegungsapparat der Hunde, der gegen 84% des Gesammtthieres ausmacht, enthält im Mittel nur 41% der Gesammtblutmenge.

Der Versuch an der Katze stimmt fast vollkommen mit den Versuchen an fetten Kaninchen überein.

Um die jeder Thierart eigenthümlichen Momente in der Blutvertheilung leichter überblicken zu können, folgen die gewonnenen Mittelzahlen in folgender Hülfstabelle neben einander gestellt. Die Tabelle erklärt sich selbst.

Hülfstabelle.

**Mittelzahlen der Blutvertheilung bei verschiedenen Thierarten während des Lebens.**

| | Hund. | Katze. | Kaninchen. | Frosch. |
|---|---|---|---|---|
| Gesammtblutmenge in Procenten des Körpergewichts . . . . . | 6,7% | 4,6% | 5,4% | 6,5% |
| Blutmenge in dem Bewegungsapparat | | | | |
| *a*) in Procenten der Gesammtblutmenge . | 41,0% | 28,6% | 36,6% | 30,6% |
| *b*) in Procenten des Organgewichts . . | 3,4% | 1,6% | 2,7% | 1,7% |
| Blutmenge in den Drüsen und Blutleitungsapparat | | | | |
| *a*) in Procenten der Gesammtblutmenge . | 59,0% | 71,4% | 63,4% | 69,4% |
| *b*) in Procenten des Organgewichts . . | 24,0% | 17,8% | 18,0% | 27,4% |

Bei den Hunden ist die grosse Blutmenge im Bewegungsapparat auffallend im Vergleiche mit den übrigen Thierarten. Bei diesen Thieren, bei denen wir schon oben aus der grösseren Activität ihrer Bewegungsorgane, aus den grösseren Leistungen, welche sie von ihren Muskeln verlangen, im Vergleiche mit Kaninchen und Katzen einen grösseren Muskelstoffwechsel wahrscheinlich fanden, finden wir dieser Anschauung entsprechend auch einen procentisch sehr hohen Blutgehalt des Bewegungsapparates. Die Mittelzahl 3,4% übersteigt alle anderen Mittelzahlen für dasselbe Verhältniss bei den anderen Thierarten sehr bedeutend und wird nur erreicht und übertroffen von den Einzelbeobachtungen an kleinen, mageren Kaninchen, bei denen ebenfalls der Muskelstoffwechsel relativ hoch ist.

Dieselbe Ursache scheint sich geltend zu machen bei Betrachtung der Vertheilung der Gesammtblutmenge auf die bisher betrachteten Organgruppen.

Bei den Hunden treffen im Mittel 41% der Blutmenge auf den Bewegungsapparat, ein Verhältniss, das sich auch an das bei den kleineren Kaninchen beobachtete anschliesst, sodass nach diesen beiden Gesichtspunkten der Jugendzustand der Kaninchen sich vergleichen lässt mit den Körperverhältnissen der sich stark bewegenden Fleischfresser. Der Blutgehalt der Bewegungsorgane steigt in dem einen am Hunde gemachten Versuche sogar bis auf nahezu die Hälfte der Gesammtblutmenge. Hier sehen wir sonach die Intensität des Muskelstoffwechsels relativ und absolut gesteigert, sodass ein viel beträchtlicherer Antheil des Gesammtstoffwechsels bei Hunden auf Rechnung des Muskelstoff-

wechsels gesetzt werden kann, als bei den anderen bisher betrachteten Thierarten.

Auch der Drüsen- und Blutleitungsapparat enthält bei den Hunden einen grösseren relativen Blutgehalt als bei Katzen und Kaninchen, ein Verhältniss, auf das wir erst in der weiteren Folge unserer Versuche eingehen können.

## §. 4.

### Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungs- und Drüsenapparate lebender und todter geruhter Kaninchen.

Alle die Schwierigkeiten der Operation am lebenden Thiere mit den unvermeidlichen Fehlerquellen derselben würden unnöthig sein, wenn die Blutvertheilung im Thierkörper sich nach dem Tode nicht wesentlich ändern würde.

Aber eine Reihe von Thatsachen, die Jedermann bekannt sind, sprechen, wie es scheint, sehr entschieden für Veränderungen der Blutvertheilung in grossem Styl durch die letzten Vorgänge des Lebens.

Die Arterien sind nach dem Tode leer, sie ergiessen ihren Inhalt in die Venen; der Augenhintergrund erblasst im Tode, zum Beweis, dass die Blutmenge in den Augenhäuten, welche ihre Färbung bedingt, wesentlich verändert wird; bald bilden sich Senkungserscheinungen des Blutes aus in der Leiche, wie sie schon bei geschwächter Lebensenergie in Krankheiten nach längerem Liegen auftreten.

So lange die Frage nach der Blutvertheilung im lebenden Organismus noch nicht gelöst war, konnte selbstverständlich auch auf die weitere Frage nach der Grösse der Veränderungen der Blutvertheilung durch den Tod keine Antwort ertheilt werden.

Im Vorstehenden sind einige Anhaltspuncte für eine Lösung der ersten Aufgabe zusammengestellt. Im Grossen und Ganzen kennen wir nun die Blutvertheilung zwischen dem Bewegungsapparat und den anderen Organen des Thierkörpers. Wir können wenigstens für die bisher gewonnenen Resultate die Frage stellen, wie dieselben im Tode verändert werden.

Da an Kaninchen die Mehrzahl der Versuche über Blutvertheilung im lebenden Thiere angestellt wurden, so bot sich diese Thierspecies auch zur Lösung dieser neuen Aufgabe dar.

Die Thiere wurden durch Verschluss der freigelegten Trachea getödtet, dann todtenstarr werden lassen und so in eine Kältemischung eingebracht, aus der sie bei Wintertemperatur nach 16 Stunden vollkommen gefroren genommen wurden. In der Kälte, mit erkalteten Instrumenten wurden die Organe präparirt. Die Gesammtblutmenge wurde aus dem festen Rückstand einer möglichst reinen Blutlösung aus dem Herzen verglichen mit dem festen Rückstand bei 110 Grad getrockneten Kaninchenblutes berechnet. Sonst wurde in der gewohnten Weise nach Welcker's Methode titrirt.

Die Todenstarre sollte sich darum zuerst vollkommen ausbilden, da der gegründete Verdacht bestand, dass durch die Einwirkung der Kälte auf die noch mehr oder weniger reactionsfähige Muskulatur der Blutgefässe das Blut von den äusseren Organen nach den inneren gedrängt werden könnte. Dieser Verdacht

wurde durch das Stadium der Unerregbarkeit in der Todtenstarre, die bei Zimmertemperatur eintrat, ausgeschlossen.

Gegen die Genauigkeit der Versuche könnte nur von Seite der Gewinnung des Werthes für die Gesammtmenge des Blutes eine Einwendung gemacht werden. Die relativen Werthe der Blutvertheilung, nach dem auch sonst verwendeten Verfahren gefunden, sind mit den bisher mitgetheilten vollkommen vergleichbar. Es wird zugegeben werden müssen, dass wir, da die Bluttrockenbestimmungen Blut von zwei Individuen mit einander vergleichen und wir schon wissen, dass im Wassergehalte des Blutes derselben Thierart Schwankungen sich finden, das Gewicht des Gesammtblutes nicht absolut genau werden angeben können. Doch berechnet sich die Blutmenge, wie eine einfache Ueberlegung zeigt, aus den möglichen Differenzen im Blutwassergehalt zweier gleichernährter, gesunder Thiere nur um einige Gramme verschieden. Da unsere Aufgabe ist, die Blutvertheilung, also nur relative Werthe zu bestimmen, so wird die Genauigkeit des Versuchsresultates dadurch nicht beeinträchtigt. Nur die Werthe des Blutgehaltes der Organe, auf ihr eigenes Gewicht gerechnet, leiden an derselben beschränkten Fehlerquelle wie die Gesammtblutbestimmung, die aber auch dieses Resultat nur sehr unwesentlich beeinflussen kann.

In folgender Tabelle X sind die Resultate zweier mit ganz besonderer Sorgfalt ausgeführter Versuche zusammengestellt. Die Tabelle enthält dieselben Rubriken, die in den Tabellen des vorliegenden Capitels ausgefüllt wurden, sodass eine directe Vergleichung möglich ist. Um diese zu erleichtern, stehen die Mittelzahlen für die Blutvertheilung in lebenden Kaninchen neben den aus diesen neuen Versuchen sich ergebenden Mittelzahlen. Die beiden Versuche beziehen sich absichtlich auf Individuen von stark differirendem Gewicht.

Tabelle X.

**Vergleichung des Blutgehaltes im Bewegungs- und Drüsenapparate todter, todtenstarrer geruhter Kaninchen und lebender geruhter Kaninchen.**

| | todte Kaninchen. | | Mittelwerthe aus beiden Versuchen. | lebende Kaninchen Mittelwerthe. |
|---|---|---|---|---|
| | Nr. 1. | Nr. 2. | | |
| Körpergewicht in Grammen . . . . | 629 | 1742 | | |
| Eingeweide, | | | | |
| *a*) in Grammen . . . . . | 143 | 199 | | |
| *b*) in Procenten des Körpergewichts . . . | 22,2% | 12,0% | | |
| Bewegungsapparat, | | | | |
| *a*) in Grammen . . . . . | 486 | 1543 | | |
| *b*) in Procenten des Körpergewichts . . . | 77,8% | 88,0% | | |
| Gesammtblutmenge | | | | |
| *a*) in Grammen . . . . . | 42,82 | 75,04 | | |
| *b*) in Procenten des Körpergewichts . . . | 6,82% | 4,40% | 5, 6% | 5,8% |
| Blutmenge in den Eingeweiden, | | | | |
| *a*) in Grammen . . . . . | 25,36 | 46,72 | | |
| *b*) in Procenten der Gesammtblutmenge . . | 60,22% | 62,23% | 61,23% | 63,4% |
| *c*) in Procenten des Organgewichts . . . | 17,7% | 23,5% | 20,6% | 18,0% |
| Blutmenge im Bewegungsapparat, | | | | |
| *a*) in Grammen . . . . . | 17,47 | 29,32 | | |
| *b*) in Procenten der Gesammtblutmenge . . | 39,78% | 37,77% | 38,77% | 36,6% |
| *c*) in Procenten des Organgewichts . . . | 3,6% | 1, 9% | 2, 7% | 2,7% |

Das Resultat kommt uns vollkommen unerwartet:

**Die Blutvertheilung zwischen dem Bewegungs-, Drüsen- und Blutleitungsapparate wird durch die gewählte Todesart nicht merklich geändert.**

Die aus der Tabelle ersichtlichen Differenzen zwischen der Blutvertheilung im Leben und Tod fallen weit innerhalb der für dieses Verhältniss schon bisher erkannten physiologischen Schwankungen.

Dieses Ergebniss, das von der pathologischen Anatomie längst postulirt war, indem man nur in diesem Falle vom Blutgehalt der Organe in der Leiche auf die Blutvertheilung im lebenden Organismus schliessen konnte, ist von grosser Bedeutung.

Fürs Erste lehrt es uns für die Organe des Bewegungsapparates, dass wir aus den am todten Thiere vor Eintritt der Blutsenkung gemachten Blutbestimmungen unter den von uns gesetzten Bedingungen eine Anschauung über die Blutvertheilung in diesen Organen während des Lebens erhalten.

Bei dem im Tode stattfindenden Uebergang des Blutes aus dem arteriellen in das venöse System wurde sonach, wie das Experiment zunächst für die Bewegungsorgane direct lehrt, die Blutmenge der Organe nicht merklich verändert, für eine schematische Anschauung können wir direct annehmen, dass bei der gewählten Todesart der Blutgehalt dieser Organe gleich bleibt. Gewisse, in den Grenzen der physiologischen Schwankung des Blutgehaltes eintretende Veränderungen in dem Blutgehalte nach dem Tode sind selbstverständlich durch dieses Versuchsergebniss nicht ausgeschlossen, aber durch Nichts vorläufig in den Organen erwiesen.

Die Verminderung des Blutes im Auge nach dem Tode hängt vielleicht von ganz einzelnen Bedingungen ab. Die Kraft der Circulation presst gegen den im Auge herrschenden Druck Blut während des Lebens in das Auge ein. Die Kraft der arteriellen Blutbewegung muss zunächst den intraoculären Druck überwinden. Sowie die Circulation in den Arterien aufhört, wird durch den intraoculären Druck auch ein Theil des venösen Blutes aus dem Auge ausgepresst werden müssen. Wir können also die am Auge zu beobachtende Entleerung der Venen im Tode nicht mehr als ein allgemeines Phänomen betrachten. Dass die oben erwähnten Senkungen des Blutes nach dem Gesetz der Schwere erst nach und nach sich ausbilden, ist allbekannt.

Sonach scheinen die Beobachtungen, welche im Tode eine allgemeine, principielle Veränderung der Blutvertheilung wahrscheinlich zu machen schienen, im Lichte der neuen Erfahrungen ihre Beweiskraft zu verlieren.

So viel steht wenigstens neben den oben für den Bewegungsapparat gezogenen Schlüssen schon fest, dass die Summe des Blutes in den Drüsen und im Blutleitungsapparate durch den Tod ebensowenig verändert wurde, wie der Blutgehalt im Bewegungsapparate. Direct darauf gerichtete Versuche müssen lehren, ob sich der Satz auch für die einzelnen Drüsen bewahrheitet. Wir werden in der Folge stets die am lebenden Organismus gewonnenen Resultate über den Blutgehalt zusammenstellen müssen mit den correspondirenden, am todtenstarren, gefrorenen Thiere erlangten.

Es wurden auch zwei Versuche angestellt an Thieren, die nach dem Tode

aber vor Eintritt der Starre, gefroren waren. Wir müssen bei ihnen einen Einfluss der Kälte auf die Blutvertheilung beim Gefrieren erwarten. Im Folgenden werden diese Versuche mitgetheilt, um eine Anschauung von der Grösse der möglichen Veränderung der Blutvertheilung durch derartige störende Einflüsse zu gewinnen.

Tabelle XI.

**Vergleichung des Blutgehaltes im Bewegungs- und Drüsenapparate todter und lebender geruhter Kaninchen. Die Blutvertheilung ist bei den todten durch Einwirkung von Kälte nach dem Tode verändert.**

| | todte Kaninchen. | | Mittelwerth aus beiden Versuchen. | Mittelwerth lebender Kaninchen. | absolute Differenz zu Gunsten der todten Kaninchen. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. 1. | Nr. 2. | | | |
| Körpergewicht in Grammen . . . | 612 | | | | |
| Eingeweide. | | | | | |
| *a*) in Grammen . . . . . | 143 | | | | |
| *b*) in Procenten des Körpergewichts . | 23,4% | | | | |
| Bewegungsapparat. | | | | | |
| *a*) in Grammen . . . . . | 469 | | | | |
| *b*) in Procenten des Körpergewichts . | 76,6% | | | | |
| Gesammtblutmenge. | | | | | |
| *a*) in Grammen . . . . . | 40,4 | 70,35 | | | |
| *b*) in Procenten des Körpergewichts . | 6,58% | | | | |
| Blutmenge in den Eingeweiden. | | | | | |
| *a*) in Grammen . . . . . | 29,6 | 56,18 | | | |
| *b*) in Procenten der Gesammtblutmenge | 73,9% | 79,93% | 76,9% | 63,4% | +13,5% |
| *c*) in Procenten des Organgewichts . | 23,5% | | | | |
| Blutmenge im Bewegungsapparat. | | | | | |
| *a*) in Grammen . . . . . | 10,6 | 14,17 | | | |
| *b*) in Procenten der Gesammtblutmenge | 26,1% | 20,07% | 23,1% | 36,6% | −13,5% |
| *c*) in Procenten des Organgewichts . | 2,2% | | | | |

Diese Versuche zeigen einen sehr deutlichen Einfluss der Kälte auf die Blutvertheilung, so lange die Organe noch ihre Lebenseigenschaften besitzen.

Die Kälte macht die ihr zuerst ausgesetzten äusseren Organe, die Organe der Bewegung blutärmer, dagegen die inneren Organe, den Drüsen- und Blutleitungsapparat blutreicher, ganz in dem Sinne, wie wir eine derartige Einwirkung uns a priori construiren mussten.

Diese Kältewirkung fällt nicht mehr in die Grenzen der physiologischen Schwankungen, die wir bisher beobachteten.

Das Minimum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate von Kaninchen fanden wir zu 28,7%, das hier unter dem Einfluss der Kälte beobachtete Minimum beträgt dagegen nur 20,0%.

Es wird sich vielleicht experimentell entscheiden lassen, ob die Wirkung der Kälte auch bei dem lebenden Thiere eine derartige Veränderung der Blutvertheilung zur Folge habe. Von vornherein ist eine derartige Einwirkung mehr als wahrscheinlich, und wenn wir die stärkere Reaction der Gefässe bei dem noch lebenden Thiere mit in Rechnung ziehen, so werden wir vermuthen dürfen, dass die Kältewirkung bei dem letzteren eine noch viel mächtigere sein

Bei der Froschleber haben wir gefunden, dass ihre Substanz im Leben bis zu $^1/_3$ aus Blut bestehe, hier sehen wir, dass in dieser Beziehung kaum ein Unterschied zwischen der Froschleber und der Kaninchenleber existirt; auch sie enthält nach unseren Bestimmungen bis zu 30,3% Blut auf ihre eigene Substanz berechnet im ruhenden Thiere.

Der Blutgehalt der einzelnen Organe ist uns ein Maass für den in ihnen vor sich gehenden Stoffwechsel. Wir nehmen vorläufig an, dass je nach dem Maasse, nach dem dem Organe Blut in der Zeiteinheit zugeführt wird, es sich auch an dem Gesammtstoffwechsel betheilige.

Aus dem procentischen Blutgehalt auf die Organmasse berechnet, bekommen wir ein Maass für die relative Grösse des Stoffwechsels in gleichen Organgewichten.

Der Bewegungsapparat der Frösche enthält nach Tabelle VII

1,7% Blut

seines Organgewichtes, die Leber dagegen im Mittel 20,3%, im Maximum

36,7%.

Die relativen Intensitäten des Stoffwechsels im gleichen Gewichte Bewegungsapparat und Leber der Frösche verhalten sich danach im Mittel wie 1 : 12, im Maximum wie

**1 : 21,6,**

d. h. das gleiche Gewicht Leber hat einen 21,6mal intensiveren Stoffwechsel als das gleiche Gewicht Bewegungsapparat.

Daraus ergibt sich, dass an dem Gesammtstoffwechsel sich die Leber in einem sehr viel höheren Maasse betheiligt, als es sich aus ihrem Gewichte berechnen würde, das im Mittel aus den hier betrachteten Versuchen nur 5,8% des Körpergewichtes beträgt.

Die Blutmenge in der Leber beträgt im Mittel unserer Bestimmungen am lebenden Kaninchen 24%, nehmen wir auch die Bestimmungen am todtenstarren Thiere dazu, so steigert sich die Blutmenge im Mittel auf

25% = $^1/_4$

der gesammten Blutmasse.

---

I. 10,97 Gramm
II. 11,90 »
III. 10,19 »

Die absoluten Werthe stimmen mit den unsrigen sehr gut überein.

Die relativen Werthe verlieren an ihrer Bedeutung dadurch, dass, wie oben schon bemerkt, weder Reingewicht, noch der absolute Blutgehalt der Thiere direct bestimmt, sondern nach Mittelzahlen berechnet sind.

Danach wären die absoluten Blutmengen in der Leber

I. 29,9% der Gesammtblutmenge.
II. 25,0% » » »
III. 17,1% » »

Werthe, die mit den vorstehend mitgetheilten vollkommen stimmen.

Die Versuche Nr. II u. III Gscheidlen's beziehen sich nach dem Obigen auf Thiere, welche während der Operation starke Muskelbewegungen ausgeführt haben, sodass unsere Zahlen aus dem Versuche Nr. II dadurch eine Bestätigung zu erhalten scheint.

Danach trifft also bei Kaninchen im Mittel ein ganzes $^1/_4$ des Gesammtstoffwechsels auf die Leber; der Leberstoffwechsel kann sich im Maximum, bei fast 30% der Gesammtblutmenge in der Leber, bis nahe an $^1/_3$ des Gesammtstoffwechsels erheben.

Auf diese Weise geben uns diese Bestimmungen der Blutmenge in den Organen einen tiefen Einblick in die Grösse der einzelnen Factoren, aus denen sich der Gesammtstoffwechsel zusammensetzt.

## III.

## Blutgehalt der Kaninchenniere.

Bei zwei Kaninchen wurden die Nieren in Masse unterbunden und ihr Blutgehalt im Verhältnisse zu ihrem Organgewichte und zur Gesammtblutmenge bestimmt. In der folgenden Tabelle sind auch diese Versuche zum Vergleich mit dem Versuchsbeispiel der gefrorenen Kaninchen zusammengestellt.

Tabelle XIV.

**Ueber die Blutmengen in der lebenden und todten Kaninchenniere.**

| | Lebende Kaninchen. | | Im Mittel. | todtes vor dem Gefrieren starres Kaninchen. |
|---|---|---|---|---|
| | I. | II. | | |
| Körpergewicht in Grammen . . . . | 520 | 626 | 573 | 629 |
| Nierengewicht. | | | | |
| *a*, in Grammen . . . . . | 5,00 | 7,97 | 6,48 | 5,90 |
| *b*, in Procenten des Körpergewichts . . | 0,96% | 1,27% | 1,115% | 0,94% |
| Gesammtblutmenge. | | | | |
| *a*, in Grammen . . . . . | 30,07 | 33,02 | 31,55 | 42,82 |
| *b*, in Procenten des Körpergewichts . . | 5,7% | 5,3% | 5,5% | 6,8% |
| Nierenblutmenge. | | | | |
| *a*, in Grammen . . . . . | 0,5013 | 0,7410[1]) | 0,62115 | 0,7000 |
| *b*, in Procenten des Körpergewichts . . | 1,67% | 2,20% | 1,93% | 1,63% |
| *c*, in Procenten des Organgewichts . . | 10,0% | 9,3% | 10% | 11,86% |

In der lebenden Niere geruhter Kaninchen sind danach enthalten von der Gesammtblutmenge im Maximum 2,2%,

**im Mittel 1,93%.**

Die Intensität ihres eigenen Stoffwechsels, bemessen an ihrem Blutgehalte, auf ihre Organmasse berechnet, ist offenbar sehr viel geringer als in der Leber. Der Blutreichthum der Nierensubstanz beträgt in den Versuchen am lebenden Kaninchen

10%,

während die Leber bis zu 30% ihrer Organmasse Blut enthält. Die Inten-

1) R. Gscheidlen fand den absoluten Blutgehalt der Nieren etwas grösser, im Mittel aus 3 Versuchen zu 0,82 Gramm Blut.

sität des Nierenstoffwechsels verhält sich danach zu dem des Leberstoffwechsels wie

1 : 3.

Am Gesammtstoffwechsel betheiligen sich die Nieren etwa mit

2%.

Auch diese Versuche ergeben, was uns nun schon für die vierte Organgruppe: die Nieren, aufgestossen ist, dass durch den Tod primär die Blutvertheilung in den Organen, hier speciell in den Nieren nicht geändert wurde.

Der Blutgehalt in den Nieren eines nach Eintritt der Starre gefrorenen Kaninchens entspricht genau den bei Unterbindung der Nierengefässe am lebenden Kaninchen beobachteten Verhältnissen. Die Uebereinstimmung mit Versuch I in Tabelle XIV ist eine vollkommene.

## IV.

### Blutgehalt des Herzens bei Fröschen und Kaninchen.

Bei Fröschen wurde das Herz in voller Diastole abgebunden, um den Blutgehalt desselben direct zu erfahren.

**Erster Versuch.**

Froschmännchen von 52,5 Gramm.
Herz mit Blut = 0,6 »
Blutmenge im Herzen 17,2% der Gesammtblutmenge.

**Zweiter Versuch.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Froschmännchen von | 33,0 | Gramm. | |
| Herz mit Blut | 0,5 | » | |
| Gesammtblutmenge | 2,0828 | » | |
| Blutmenge im Herzen | 0,1958 | » | = 9,6% der Gesammtblutmenge. |

**Dritter Versuch.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Froschmännchen von | 39,2 | Gramm. | |
| Herz mit Blut | 0,6 | » | |
| Gesammtblutmenge | 3,2500 | » | |
| Blutmenge im Herzen | 0,4446 | « | = 13,7% der Gesammtblutmenge. |

Im Herzen sind sonach enthalten:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| I. | Versuch | 17,2% | der | Gesammtblutmenge. |
| II. | » | 9,6% | » | » |
| III. | » | 13,7% | » | » |
| **Im Mittel:** | | **13,5%** | » | » |

Auch bei Kaninchen wurden mehrere Versuche gemacht, von denen aber nur einer gelang.

Vierter Versuch.

Kaninchen:

| | | |
|---|---|---|
| Reingewicht . . . | 1045 Gramm. | |
| Blutmenge . . . | 56,0 » | |
| Herzgewicht mit Blut | 5,08 » | |
| Blut im Herzen . . | 2,03 » | = 3,6% der Gesammtblutmenge! |

In dem Kaninchenherzen ist sonach procentisch sehr viel weniger Blut enthalten als in dem Frochherzen, was mit der allgemeinen grösseren Füllung des Blutleitungsapparates beim Frosch übereinstimmt.

Bei der Eröffnung der Brusthöhle des Kaninchens schlug das Herz zuerst fort, blieb dann stehen; als die Athmungskrämpfe eintraten, wurde es sehr stark gefüllt abgebunden. Nach dem Abbinden begann es seine Bewegungen wieder und schlug noch 6½ Minuten fort, wie ein Froschherz!

Die Milz der Kaninchen ist stets sehr blutarm. Man vergleiche die folgende Tabelle.

## §. 6.

## Zusammenstellung der Resultate.

Neben den Bestimmungen des Blutgehaltes in den einzelnen Organen des lebenden Thieres haben die vorstehend mitgetheilten Versuche noch ein bemerkenswerthes Resultat ergeben.

Wir sehen im Allgemeinen und, soweit wir im Einzelnen prüfen konnten, durch die gewählte Todesart primär die Blutvertheilung in den Organen nicht wesentlich verändert.

Diese Beobachtung erleichtert uns für die Folge die Betrachtungen über die Blutvertheilung, da wir unter Umständen auch von Untersuchungen am todten Organismus Aufschlüsse erwarten können über die Verhältnisse, die im Leben bestanden haben, was besonders für ärztliche Gesichtspunkte sehr wesentlich sein wird. Freilich wird uns die Erfahrung über postmortale Blutentleerung aus dem Auge vorsichtig machen müssen, besonders in Fällen, in denen in einem Organe aus krankhaften Ursachen, wie normal im Auge, ein Gewebsdruck nach dem Tode sich auf die Gefässe geltend machen kann. Die höhere Gewebsspannung in entzündeten Organen und Organtheilen wird nach Aufhören der Kraft, welche fortwährend Blut in sie einpresste, in derselben Weise Blut aus den Organen postmortal austreiben. Darauf beruht zum Theil die theilweise Abschwellung entzündeter Theile nach dem Tode; das Erblassen entzündlicher Röthung im Tode beruht dagegen zum grösseren Theil auf dem Uebergang des arteriellen, hellrothen Blutes in venöses, sauerstoffarmes, dunkles.

Im Allgemeinen sehen wir bei normalen Verhältnissen, dass nach Unterbrechung der Herzthätigkeit im Tode das Blut aus dem arteriellen in das venöse Gefässsystem übergeht, ohne dass eine wesentliche oder erkennbare

Aenderung in der Gesammtblutvertheilung oder in dem Blutgehalte der der Untersuchung zunächst zugänglichen Einzelorgane einträte.

Einzelfälle, die von diesem Gesetze Ausnahme machen, wie das Auge, können vielleicht trotzdem noch statthaben, worüber aber bisher noch Nichts festgestellt ist.

Einstweilen können wir, auf die erkannte Uebereinstimmung fussend, das Gesammtbild über Blutvertheilung im lebenden geruhten Thiere, das uns unsere Versuche besonders vollständig an Kaninchen gezeichnet haben, vervollständigen nach den am todtenstarren gefrorenen Kaninchen noch weiter gewonnenen Einzelresultaten, die der Natur der Sache nach am lebenden Thier mit geringerer Genauigkeit gefunden werden könnten oder sich der Beobachtung dort ganz und gar entziehen.

In den folgenden Tabellen sind die Mittelzahlen der Blutvertheilung auf die einzelnen Organe, der absolute Blutgehalt derselben von lebenden und todten Kaninchen zusammengestellt.

Tabelle XV.

**Blutgehalt der wichtigsten Organe des Kaninchens im Leben und Tod.**

| | Mittel aus den Versuchen am | |
|---|---|---|
| | lebenden Kaninchen. | todtenstarren Kaninchen. |
| Gesammtblutmenge in Procenten des Körpergewichts . | 5,4% | — |
| Blutmenge im Bewegungsapparat . . . . . | 86,6% | 89,78% |
| *a*) in der Haut . . . . . | — | 2,10% |
| *b*) in den Knochen . . . . . | — | 8,24% |
| *c*) in den Muskeln . . . . . | — | 29,20% |
| *d*) in Rückenmark und Gehirn (mit den Häuten) . . | — | 1,24% |
| Blutmenge im Drüsen- und Blutleitungsapparat | 68,4% | 60,22% |
| *a*) in der Leber . . . . . | 24,0% | 29,8% |
| *b*) in den Nieren . . . . . | 1,98% | 1,68% |
| *c*) in der Milz . . . . . | — | 0,22% |
| *d*) in den Gedärmen (mit Geschlechtsorganen) . . . | — | 6,30% |
| *e*) in Herz, Lunge und den grossen Gefässen . . . | — | 22,76% |

Diese Tabelle stellt das Resultat der Gleichheit der Blutvertheilung bei lebenden Thieren (Kaninchen) und frisch getödteten für die Hauptorgane sicher

Nach den Beobachtungen am Auge hätte man vermuthen können, dass auch die anderen Organe ihr Blut aus ihren Gefässen in die grossen Blutgefässe der Körperhöhlen ergiessen würden. Der Versuch widerlegt gerade diese Auffassung. Die in Tabelle XV mitgetheilten Werthe für die procentische Blutvertheilung zeigen mit aller Sicherheit, dass bei dem todten. normalen Thiere weniger Blut in den Körperhöhlen sich fand als bei den verglichenen lebenden Thieren. Diese Unterschiede fallen übrigens weit innerhalb der Grenze der beobachteten physiologischen Schwankungen der Blutvertheilung im geruhten Organismus.

Besonders erwünscht ist uns aus den Resultaten der vorstehenden Zusammenstellung die Bestimmung des Blutgehaltes der Muskeln gesondert von den übrigen Organen des Bewegungsapparates, die hier ebenfalls eine gesonderte Betrachtung ihrer Blutmengen erlauben. Nicht weniger wichtig ist die Feststellung des Antheils der gesammten Blutmasse, welcher in den grossen Gefässen mit Einschluss des Herzens und der Lunge enthalten ist, der auf andere Weise keine genaue Bestimmung zugelassen hätte und doch im Stoffwechsel sicher eine ganz andere Rolle spielt, als der übrige Antheil des Blutes, der, in den Organen selbst enthalten, mit ihnen in directem Wechselverkehr steht. Ein solcher Wechselverkehr findet zwischen jenem Antheil Blut und dem Gewebe der grossen Gefässe des Herzens und der Lunge (?) offenbar in geringerem Grade statt. Solange sich das Blut in dieser Organgruppe befindet, ist es für den Stoffwechsel relativ unwirksam, wenn wir von dem Herzstoffwechsel und dem in den Lungen vor sich gehenden Organstoffwechsel absehen.

Wenn wir uns des Beispiels halber nur an das todte Kaninchen halten, so ordnen sich die Organe geruhter Kaninchen nach ihrem procentischen Antheile an der Gesammtblutmenge von dem blutärmsten angefangen in folgender Reihe. Es enthält im ruhenden Thiere (Kaninchen):

| | Procente d. Gesammtblutmenge. |
|---|---|
| 1. Milz | 0,23% |
| 2. Gehirn und Rückenmark | 1,24% |
| 3. Nieren | 1,63% |
| 4. Haut | 2,10% |
| 5. Gedärme | 6,30% |
| 6. Knochen | 8,24% |
| 7. Herz, Lungen und grosse Blutgefässe | 22,76% |
| 8. ruhende Muskeln | 29,20% |
| 9. Leber | 29,30%. |

In runden Zahlen können wir annehmen, dass von der Gesammtblutmenge enthalten ist:

| | |
|---|---|
| in den grossen Kreislaufsorganen | $^1/_4$ |
| in der Leber | $^1/_4$ |
| in den ruhenden Muskeln | $^1/_4$ |
| in den übrigen Organen | $^1/_4$. |

Diese Werthe gestatten uns nun mit grösserer Bestimmtheit eine Angabe über die Grösse der Betheiligung der einzelnen Organe und Organgruppen am Gesammtstoffwechsel. Rechnen wir das $^1/_4$ der Blutmenge in den grossen Kreislaufsorganen als am Stoffwechsel relativ nicht betheiligt von der Gesammtblutmenge ab, so vertheilen sich die restirenden $^3/_4$ auf die Hauptorgane, und damit stellt sich ihr Antheil am Gesammtstoffwechsel folgendermassen.

Von dem **Gesammtstoffwechsel bei Muskelruhe** trifft auf:

| | |
|---|---|
| **die Leber** | 33,33% = $^1/_3$ |
| **die ruhenden Muskeln** | 33,33% = $^1/_3$ |
| **die übrigen Organe** | 33,33% = $^1/_3$ |
| Summa | 100,00. |

Die Einzelbetheiligung der unter der Rubrik: die übrigen zusammengefassten Organe ergibt sich aus den Haupttabellen.

Nach ihrem Blutgehalt, bezogen auf das Organgewicht, also **nach der Intensität des in ihnen stattfindenden Organstoffwechsels** ordnen sich die Organe in folgende mit den blutärmsten beginnenden Reihe, die von den obigen auf S. 81 ganz verschieden ist.

| | Absoluter Blutgehalt und Intensität des Stoffwechsels der Organe im ruhenden Thiere. |
|---|---|
| 1. Haut | 1,07% |
| 2. Knochen | 2,36% |
| 3. Gedärme | 3,46% |
| 4. ruhende Muskeln | 5,14% |
| 5. Gehirn und Rückenmark | 5,52% |
| 6. Nieren | 11,86% |
| 7. Milz | 12,50% |
| 8. Leber | 28,71%. |
| Auf Herz, grosse Gefässe und Lungen treffen auf das Organgewicht berechnet | 63,11% Blut. |

Nach dieser vorläufigen reichen Ausbeute von Erfahrungen können wir uns nun unserer Hauptaufgabe zuwenden.

Wir müssen erforschen, ob und in welchem Grade die Muskelbewegung mit einer Veränderung in der Blutvertheilung verbunden ist. Es wird uns dadurch möglich werden, Schlüsse auf etwaige Veränderungen in der Intensität des Organstoffwechsels sowohl als in der Grösse der Betheiligung der Organe an dem Gesammtstoffwechsel zu ziehen, die in der Folge durch directe Beobachtung über den Stoffwechsel der Organe bestätigt werden sollen.

# Capitel IV.

## Veränderung der Blutvertheilung durch den Tetanus.

### §. 1.

### Versuchsmethoden.

Nach den vorausgehenden Versuchen sind die Methoden für die hier anzustellenden fast schon insgesammt gegeben.

Bei **Fröschen** werden wir das eine Bein als das geruhte zuerst abbinden, um den Blutgehalt in gewohnter Weise zu bestimmen. Dann werden die operirten Thiere mit Strychnin vergiftet und nach längerem Bestehen der Krämpfe wird auch das zweite Bein abgebunden, um in ihm, als im tetanisirten, den Blutgehalt ebenfalls zu eruiren.

Unsere Versuche im Capitel III haben gelehrt, dass das ungleichzeitige Abschneiden der Beine keine constante Einwirkung auf den Blutgehalt der Extremitäten erkennen lässt. Innerhalb enger Grenzen schwankte der Blutgehalt der beiden Extremitäten auf- und abwärts, ohne dass ein constanter Einfluss der Zeit der Operation in dem Sinne unserer späteren Versuche bemerkbar geworden wäre, bald war das erstabgeschnittene, bald das zweitabgeschnittene Bein das blutreichere. Im Durchschnitt glichen sich die Differenzen daher fas vollkommen aus, es blieb ein geringes Uebergewicht auf Seite der erstabgeschnittenen Extremität.

Wenn wir sonach in der Folge den Blutgehalt in constanter Richtung sich bei dem Tetanus ändern sehen, so kann daran nichts Anderes Schuld haben als der Tetanus selbst, und wir werden auf etwaige Resultate um so grösseres Vertrauen setzen können, wenn die zu Tage tretenden Unterschiede im Blutgehalte sich möglichst weit über der Linie der beobachteten physiologischen Differenzen in der Ruhe halten.

Die Versuche an Fröschen stehen voran, weil, wie oben Capitel III auseinandersetzt, gegen ihre Resultate kein gegründeter Einwand gemacht werden kann. Die Steigerung der Färbekraft des Blutes im Tetanus, welche in Capitel II, S. 53 f. Erwähnung fand, ist zu gering und inconstant, um einen berücksichtigungswerthen Versuchsfehler zu bedingen. Die bestehenden Differenzen in der Färbekraft sind, wie a. a. O. angegeben, zu gering um eine exacte Bestimmung nach der Welcker'schen Methode zu gestatten, ihre Einwirkung auf die Resultate fällt also in den allgemeinen Versuchsfehler derselben.

Weitere Versuche wurden an **Kaninchen** angestellt.

Hier wurden nicht, wie bei den Fröschen, eine ruhende und eine tetanisirte Extremität desselben Thieres verglichen. Die Versuche über die Blutvertheilung im Bewegungsapparat ruhender Kaninchen haben so übereinstimmende Resultate ergeben, dass es von vorne herein wahrscheinlich ist, dass sich Unterschiede im Blutgehalt, die durch den Tetanus in dieser Organgruppe hervorgerufen werden, deutlich werden erkennen lassen.

Der Versuch ist von denen des Capitels III an lebenden Säugethieren nur dadurch verschieden, dass die Unterbindung der Blutgefässe der hinteren Extremitäten bei bestehendem Tetanus der Muskulatur vorgenommen wurde. Der Tetanus wurde electrisch hervorgerufen und $^1/_4$—$^1/_2$ Minute unterhalten. Die zu operirenden Extremitäten waren selbstverständlich vom Drucke befreit und wurden wie oben lose mit der Hand gehalten. Die Gedärme waren nicht entblösst.

So können wir uns denn zu den entscheidenden Versuchen selbst wenden.

## §. 2.

## Veränderung der Blutvertheilung durch längeren Tetanus bei Fröschen.

Zuerst folgen die Beobachtungen an Fröschen aus dem oben angeführten Grunde.

Tabelle XVI.

### Vergleichende Blutbestimmung im Bewegungsapparat der Frösche nach Ruhe und Tetanus.

| Versuchs-Nummer. | Schenkelgewicht $a = b$[1]) in Grammen. | Farbenprüfungsergebniss $a : b$ =[2]). | Absolute Blutmenge des a. erstabgeschnitt. geruhten Schenkels in Gramm. | Absolute Blutmenge des b. zweitabgeschnitt. tetanisirt. Schenkels in Gramm. | Differenz zu Gunsten des tetanisirten Schenkels in Grammen. | Differenz zu Gunsten des tetanisirten Schenkels in Procenten. | Blutmengen des Bewegungsapparates in Procenten des Organgewichts: geruhter Schenkel. | Blutmengen des Bewegungsapparates in Procenten des Organgewichts: tetanisirter Schenkel. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 6,4 | 40cc : 58cc | 0,1105 | 0,1602 | +0,0497 | + 45% | 1,752% | 2,503% |
| 2 u. 3. | 14,0 | 64cc : 90,7cc | 0,2860 | 0,4060 | +0,1200 | + 42% | 2,043% | 2,900% |
| 4. | 8,2 | 100cc : 107cc | 0,1416 | 0,1516 | +0,0100 | + 7% | 1,714% | 1,849% |
| 5. | 7,0 | 100cc : 117cc | 0,1226 | 0,1434 | +0,0208 | + 17% | 1,743% | 2,049% |
| 6. | 7,8 | 100cc : 157cc | 0,1934 | 0,2731 | +0,0797 | + 37% | 2,479% | 3,501% |
| 7. | 6,9 | 100cc : 133cc | 0,1191 | 0,1584 | +0,0393 | + 33% | 1,726% | 2,300% |
| 8. | 7,2 | 40cc : 63cc | 0,0808 | 0,1269 | +0,0461 | + 57% | 1,122% | 1,762% |
| 9. | 7,5 | 40cc : 80cc | 0,1282 | 0,2564 | +0,1282 | +100% | 1,709% | 3,418% |
| 10. | 7,4 | 40cc : 76cc | 0,0783 | 0,1487 | +0,0704 | + 90% | 1,058% | 2,009% |
| 11. | 5,5 | 40cc : 55cc | 0,0917 | 0,1254 | +0,0337 | + 37% | 1,667% | 2,280% |
| **Im Mittel** | **7,1** | | **0,1212** | **0,1773** | **+0,0561** | **+46,7%** | **1,707%** | **2,497%** |

1) $a$ = erstabgeschnittener Schenkel,
$b$ = zweitabgeschnittener Schenkel.

2) $a$ = Blutflüssigkeit von Schenkel $a$,
$b$ = Blutflüssigkeit von Schenkel $b$, beide zuerst gleich concentrirt.

Das Resultat der Versuche ist vollkommen schlagend:

Der absolute Blutgehalt des Bewegungsapparates bei Fröschen steigt durch den Tetanus von

1,707% auf 2,497%,

d. h. um 46,7% der Blutmenge im geruhten Bewegungsapparat.

Die Resultate dieser Blutbestimmungen in der geruhten Organgruppe stimmen mit den in Tabelle VII zusammengestellten absolut überein.

Die Steigerung des Blutgehaltes zeigt sich ausnahmslos in jedem Versuche, sie ist um das Vielfache höher als die an geruhten Bewegungsapparaten bei Fröschen beobachteten physiologischen Schwankungen. Nach alledem steht das Ergebniss als unanfechtbar fest.

Aber auch die Betrachtung der Maxima und Minima zeigt dieselbe Gesetzmässigkeit wie die Mittelwerthe und jeder einzelne Versuch.

| | |
|---|---|
| Minimum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate geruhter Frösche . . . . . | 1,058% |
| Minimum des Blutgehaltes bei tetanisirten Fröschen . . . | 1,762% |
| Absolute Differenz der Minima zu Gunsten der tetanisirten Frösche | 0,704%, |

d. h. das Minimum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate ist bei tetanisirten Fröschen grösser als bei geruhten um: 65,6%.

| | |
|---|---|
| Maximum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate geruhter Frösche . . . . . | 2,479% |
| Maximum des Blutgehaltes bei tetanisirten Fröschen . . . | 3,501% |
| Absolute Differenz der Maxima zu Gunsten der tetanisirten Frösche | 1,022%, |

d. h. bei tetanisirten Fröschen ist das Maximum des Blutgehaltes im Bewegungsapparat grösser als bei geruhten um: 45,0%.

Die Unterschiede der Minima und Maxima halten sich etwa in denselben Grenzen wie die Unterschiede der Mittelwerthe, wodurch die Beweiskraft des Resultates noch wesentlich erhöht wird.

Der grösseren Blutmenge im Bewegungsapparate im Tetanus entsprechend muss sich, da keine Vermehrung des Blutes durch den Tetanus eintritt, sondern eine Verminderung (cfr. Capitel II), die Blutvertheilung im Organismus verändern.

Der Tetanus bezog sich auf die gesammte Stammmuskulatur der Thiere, sodass die Blutmenge, welche die Muskeln bei ihrer Action mehr zugeführt erhalten, nur von den Drüsen und den grossen Blutleitungsorganen genommen sein kann.

In dem Bewegungsapparate ruhender Frösche bestimmten wir bei einem absoluten Blutgehalte desselben von 1,709% etwa $^1/_3$ der gesammten Blutmasse, genau:

30,6%.

Der absolute Blutgehalt des tetanisirten Bewegungsapparates der Frösche von 2,497% berechnet also den Antheil des Bewegungsapparates an der Gesammtblutmenge während des Tetanus zu:

44,1%.

Der Drüsen- und Blutleitungsapparat enthielt bei geruhten Fröschen: 69,4% der gesammten Blutmenge, bei tetanisirten dagegen nur: 55,9%.

Es liegt ein Versuch vor, in welchem neben den Blutbestimmungen in den beiden Extremitäten auch die Gesammtblutmenge des Frosches (resp. zweier Frösche Nr. 2 und 3) nach dem Tetanus bestimmt wurde.

Dieser Versuch gibt uns alle Daten an die Hand, um die eben aus den Mittelwerthen berechnete Veränderung der Blutvertheilung im Tetanus im Einzelnen zu prüfen. In folgender Tabelle sind die Resultate desselben zusammengefasst.

Tabelle XVII.

**Versuch über die Veränderung der Blutvertheilung im Tetanus beim Frosch.**

| | |
|---|---|
| Beobachtungsthiere: 2 Froschmännchen. | |
| Körpergewicht | 78,0 Gramm. |
| Bewegungsapparate | 69,7 „ |
| Gesammmtblutmenge nach dem Tetanus. | |
| *a*) in Grammen | 3,278 „ |
| *b*) in Procenten des Körpergewichts | 4,23%. |
| Blutmenge des Bewegungsapparates | |
| I. im geruhten Zustande berechnet nach der Gesammtblutmenge nach dem Tetanus. | |
| *a*) absolut | 1,424 Gramm. |
| *b*) in Procenten des Organgewichts | 2,043% |
| *c*) in Procenten der Gesammtblutmenge | 43,4%. |
| II. im tetanisirten Zustande | |
| *a*) absolut | 2,0213 Gramm. |
| *b*) in Procenten des Organgewichtes | 2,900% |
| *c*) in Procenten der Gesammtblutmenge | 61,6%! |
| Blutmenge im Drüsenapparate in Procenten der Gesammtblutmenge | |
| I. im geruhten Zustande | 56,6% |
| II. im tetanisirten Zustande | 38,4%. |

Die in der vorstehenden Tabelle angegebene Blutvertheilung in der Ruhe ist nicht vollkommen exact. Die Blutmenge wird durch den Tetanus nicht unbeträchtlich vermindert. Der Blutgehalt des ruhenden Schenkels entspricht sonach einer höheren Gesammtblutmenge des ruhenden Frosches, er war also procentisch niedriger als in der Tabelle angegeben, da hier der Rechnung die Blutmenge nach dem Tetanus zu Grunde gelegt wurde. Wir können hier eine Correction anbringen.

Die Blutverminderung durch Tetanus beträgt bei Fröschen nach Tabelle V und VI 26,07% der Gesammtblutmenge. Legen wir diese Zahl der Berechnung

zu Grunde, so wäre der Blutgehalt des Frosches, der nach dem Tetanus 3,278 Gramm, d. h. 4,23% des Körpergewichts betrug, vor dem Tetanus in der Ruhe gewesen

4,1338 Gramm = 5,33%.

In dem gesammten Bewegungsapparate waren in der Ruhe enthalten: 1,424 Gramm Blut =

34,4% der Gesammtblutmenge.

Nach dieser nöthigen Correction stimmt das Resultat dieses Versuches vollkommen mit denen überein, die wir bei geruhten Fröschen oben gewonnen haben.

Die Blutvertheilung änderte sich sonach durch längere Muskelaction hier in noch bedeutenderem Grade, als es nach den obigen Durchschnittswerthen erwartet werden könnte.

## §. 3.

## Veränderung der Blutvertheilung im Tetanus bei Kaninchen.

Von den Versuchen an Fröschen wenden wir uns nun zu Beobachtungen an Säugethieren, Kaninchen.

Die Thiere wurden vom Rückenmarke aus tetanisirt, so dass die gesammten Stammmuskeln im Tetanus waren. Ist der Blutgehalt in dem Bewegungsapparate der Kaninchen im Tetanus wie bei den Fröschen vermehrt, so kann dieses Blut nur von dem Drüsen- und dem Blutleitungsapparat herrühren, ebenso wie oben bei den Fröschen. Um ebenso viel, als der Bewegungsapparat mehr Blut enthält, muss in der anderen Organgruppe weniger enthalten sein.

Tabelle XVIII.

**Ueber die Vertheilung des Blutes im Bewegungsapparat und den Eingeweiden bei lebenden Kaninchen während des Tetanus.**

| | Lebende Kaninchen | | | Im Mittel. |
|---|---|---|---|---|
| | I. | II. Weibchen | III. | |
| Körpergewicht in Grammen | 1422 | 1460 | 1463 | |
| Eingeweide: | | | | |
| a) in Grammen | 160 | 270 | 198 | |
| b) in Procenten des Körpergewichts | 11,2% | 18,5% | 13,5% | |
| Bewegungsapparat: | | | | |
| a) in Grammen | 1262 | 1090 | 1265 | |
| b) in Procenten des Körpergewichts | 88,8% | 81,5% | 86,5% | |
| Gesammtblutmenge: | | | | |
| a) in Grammen | 48,81 | 53,24 | 42,49 | |
| b) in Procenten des Körpergewichts | 3,4% | 3,7% | 3,0% | |
| Blutmenge in den Eingeweiden: | | | | |
| a) in Grammen | 18,5 | 14,5 | 18,6 | |
| b) in Procenten der Gesammtblutmenge | 31,8% | 27,8% | 43,0% | 34,0% |
| c) in Procenten des Organgewichts | 11,5% | 5,4% | 9,4% | |
| Blutmenge im Bewegungsapparat: | | | | |
| a) in Grammen | 33,3 | 38,71 | 23,9 | |
| b) in Procenten der Gesammtblutmenge | 68,2% | 72,7% | 57,0% | 66,0% |
| c) in Procenten des Organgewichts | 2,4% | 3,6% | 1,9% | |

Vergleichen wir die Mittelwerthe für geruhte und tetanisirte Kaninchen:

| | |
|---|---|
| Der Drüsen- und Blutleitungsapparat **geruhter Kaninchen** beträgt im Mittel | 63,4% |
| Der Drüsen- und Blutleitungsapparat **tetanisirter Kaninchen** | 34,0% |
| Absolute Differenz | 29,4% |

d. h.: Im Drüsen- und Blutleitungsapparate tetanisirter Kaninchen sind im Mittel um 29,4% der gesammten Blutmenge **weniger** enthalten als in der entsprechenden Organgruppe geruhter Kaninchen.

Die gleiche Differenz zeigt sich der Natur der Sache nach auch bei dem Bewegungsapparate in den beiden verschiedenen physiologischen Körperzuständen nur mit verändertem Vorzeichen.

Der Bewegungsapparat geruhter Kaninchen enthält im Mittel: **36,6%** der gesammten Blutmenge. Der Bewegungsapparat tetanisirter Kaninchen dagegen: **66,0%**, die absolute Differenz beträgt also auch:

**29,4%** der gesammten Blutmenge.

**Im Bewegungsapparate tetanisirter Kaninchen sind während der Muskelcontraction im Mittel um 29,4% der gesammten Blutmenge mehr enthalten als in dem Bewegungsapparate geruhter Kaninchen. Der Antheil der Blutmenge, welcher im Ruhezustand im Bewegungsapparat enthalten ist, wird bei bestehender Contraction im Mittel von 36,6% auf 66,0%, d. h. um 80% erhöht!**

Wenn wir zur Erhärtung des Durchschnittsresultates in gewohnter Weise Minima und Maxima der Beobachtungen vergleichen, so zeigen sich die Unterschiede zwischen dem geruhten und tetanisirten Thiere in Beziehung auf die Blutvertheilung auch hier nicht weniger deutlich als bei Betrachtung der Mittelwerthe.

| | |
|---|---|
| Als Minimum des Blutgehaltes im Bewegungsapparat geruhter Kaninchen wurden gefunden | 28,7% |
| Als Minimum bei tetanisirten Kaninchen | 57,0% |
| Absolute Differenz der Minima | 28,3%. |
| Als Maximum des Blutgehaltes im Bewegungsapparat geruhter Kaninchen wurden gefunden | 42,8% |
| Als Maximum bei tetanisirten Kaninchen | 72,7% |
| Absolute Differenz der Maxima | 29,9%. |

Die absoluten Differenzen der Minima und Maxima unterscheiden sich nicht von der Differenz der Mittelwerthe.

Damit erscheint das Resultat, das wir vermuthen, gesichert.

Durch Tetanus hebt sich bei Fröschen der absolute Blutgehalt des Bewegungsapparates im Mittel um 46,7%; der Antheil an der Gesammtblutmenge, welcher im Bewegungsapparat in der Ruhe enthalten ist, steigt nach Tabelle XVII im Tetanus von 34,4% auf 61,6% (cfr. Tabelle XVII), die absolute Differenz beträgt:

**27,2%,**

ast genau die gleiche Grösse, welche in der letzten Tabelle für die Steigerung ler Blutmenge während der Contraction der Muskulatur bei Kaninchen gefunlen wurde.

Die Versuche an Kaninchen zeigen, dass diese Steigerung der Blutzufuhr m Tetanus schon während der Contraction der Muskeln selbst stattfindet.

Im Zusammenhalt mit den oben erwähnten Versuchen Ludwig's mit Skellow und Sadler [1]), auf welche ersteren wir die Vermuthung eines Wechsels in ler Energie der Organthätigkeit zwischen Muskeln und Drüsen je nach der Thätigkeit einer oder der anderen dieser Organgruppen mit begründeten, lässt sich das Resultat unserer Versuche so zusammenfassen, wenn wir die am gesammten Bewegungsapparat gewonnenen Daten auf den Hauptbestandtheil desselben, der sich im Tetanus direct ändert, beziehen.

Der Muskel erhält während der Contraction nicht nur relativ, indem sein Blutstrom beschleunigt wird, sondern auch absolut mehr Blut, sodass in der Zeiteinheit nicht nur mehr Blut durch den thätigen Muskel strömt, sondern auch in ihm enthalten ist als im ruhenden.

Diese Blutmenge wird bei Gesammttetanus dem Drüsen- und Blutleitungsapparate entzogen, da die Gesammtblutmenge durch Tetanus nicht vermehrt, sondern vermindert wird.

Da durch Tetanus ein der contrahirten Muskelmasse entsprechender Antheil von Blut den übrigen Organen des Körpers entzogen wird, so wird auch — unter gewöhnlichen Umständen, wenn nicht zwei Organgruppen gleichzeitig zur Thätigkeit gezwungen werden —, da die Organleistung auf der Menge der in der Zeiteinheit zugeführten Blutblastemmasse beruht, die Thätigkeit der übrigen Organe durch den Tetanus entsprechend herabgesetzt werden müssen. Diese Herabsetzung der Organthätigkeit wird nur in so fern der absoluten Blutverminderung nicht genau entsprechen, als ein Theil der Wirkung der letzteren durch die durch die Muskelarbeit im Allgemeinen beschleunigtere Circulation wieder ausgeglichen wird.

In Capitel III, S. 81 haben wir nach der Blutvertheilung in den Organen bei Ruhe den Satz aufgestellt, dass von dem Gesammtstoffwechsel bei Muskelruhe etwa trifft auf:

| | |
|---|---|
| die Leber . . . . . | $^1/_3 = 33{,}33\%$ |
| die ruhenden Muskeln . . | $^1/_3 = 33{,}33\%$ |
| die übrigen Organe . . . | $^1/_3 = 33{,}33\%$. |

Da die Blutvertheilung durch den Tetanus sehr bedeutend geändert wird, so wird dem entsprechend auch der Organstoffwechsel eine Aenderung erfahren müssen.

Der Bewegungsapparat bei geruhten Kaninchen enthält 36,6% der gesammten Blutmenge, bei tetanisirten enthält er 66,0%. Diese Steigerung des Blutgehaltes trifft vor Allem die Muskeln selbst, in ihnen steigt also dem entsprechend der Stoffwechsel fast auf die doppelte bei Ruhe beobachtete Höhe.

In runden Zahlen können wir daher annehmen, dass sich während des

1) Cfr. Einleitung, S. 4.

Tetanus der Gesammtstammmuskulatur der Stoffwechsel, der in der Muskelruhe zu drei etwa gleichen Theilen zwischen Leber, ruhenden Muskeln und den übrigen Organen vertheilt, etwa so stellt:

tetanisirte Muskeln fast $^2/_3$
Leber . . . . . $^1/_6$ [1])
übrige Organe . . . $^1/_6$.

In der in Cap. III. S. 64 berechneten Reihenfolge der Organe nach ihrem absoluten Blutgehalt und der daraus sich ergebenden Intensität ihres Stoffwechsels bei ruhenden Kaninchen folgen sich die Organe: Haut, Knochen, Gedärme, ruhende Muskeln, Gehirn und Rückenmark, Nieren, Milz, Leber.

Im Tetanus nehmen die Muskeln ihre Stellung direct neben den Drüsen ein. Auch der Blutgehalt der Nervensubstanzen ist bei Tetanus sehr bedeutend erhöht, was man bei Fröschen mit freiem Auge sehen kann.

## §. 4.

## Einige Versuche zur Demonstration der durch Nervenwirkung im Muskel veränderten Blutvertheilung.

Es scheint auf den ersten Blick, als müsste man die von Ludwig mit Schkow und Sadler behauptete gesteigerte Blutdurchströmung des arbeitenden Muskels auf sehr einfache Weise anschaulich machen können.

Unsere Beobachtungen zeigen, dass die gesammte Extremität des Frosches im Tetanus mehr Blut erhält als in der Ruhe.

Beruht diese Vermehrung auf einer gesteigerten Durchströmung der Muskulatur, der Hauptmasse des Beines, so muss, wie es scheint, eine in der Ruhe schwache Wundblutung durch Tetanus verstärkt werden können.

Um diesen Gedanken experimentell zu prüfen, wurde einem Frosche eine Zehe der hinteren Extremität abgeschnitten und die in einer bestimmten Zeit ausfliessenden Bluttropfen gezählt. Nun wurde das Thier electrisch gereizt. Wer beschreibt das Erstaunen, dass, anstatt der erwarteten Beschleunigung der Blutung durch den Tetanus, in demselben Augenblick, in dem der Tetanus eintrat, die Blutung vollkommen sistirte; sowie der Tetanus vorüber war, kehrte die Blutung nun, wie es schien, etwas beschleunigt zurück.

Der Versuch wurde mit verschiedenen Stromstärken, mit Verwendung von Strychnin als Erreger der Muskelkrämpfe, wiederholt, ohne anderen Erfolg. Auch wenn tiefer, sogar in den Muskel selbst eingeschnitten wurde, der Erfolg änderte sich scheinbar nicht.

Da diese Untersuchungen zu einer Zeit angestellt wurden, in der die obigen Resultate des gesteigerten Blutgehaltes durch längeren und kürzeren Tetanus noch nicht gewonnen waren, so mussten sie Zweifel an der Richtigkeit dieser Anschauung erwecken.

Bei näherer Betrachtung zeigte sich makroskopisch, was man öfters auch mit Hülfe des Mikroskopes nachweisen konnte, dass die Hautgefässe im Tetanus erblassen. Hier lag der Schlüssel zur Lösung des Räthsels.

---

1) Gscheidlen's und meine Versuche zeigen, dass der Leberblutgehalt bis etwa auf die Hälfte sinken kann.

Genauere Betrachtung der aus kleinsten durchschnittenen Gefässen in der Ruhe kaum bemerkbar blutenden Muskelquerwunde zeigte bei Reiz wirklich eine unzweifelhafte Steigerung der Wundblutung, die nur der absoluten Geringfügigkeit der dadurch zu Verlust gehenden Blutmenge wegen zunächst nicht in's Auge gefallen war. Dagegen stand die Blutung aus den grossen durchschnittenen Blutgefässen vollkommen.

Es ist sonach vielleicht anzunehmen, dass bei Fröschen das Blut, welches in der Ruhe sich zwischen Haut, Knochen und Muskeln vertheilt, während des Tetanus fast in seiner gesammten Masse in die Muskeln gezogen wird, sodass für die anderen Gewebe des Bewegungsapparates, also auch für eine Blutung aus denselben, kein Blut mehr zur Verfügung stehe.

Dieselbe Wechselwirkung, welche wir zwischen dem Gesammtbewegungsapparat und den Eingeweiden in Beziehung auf die Blutvertheilung nachgewiesen haben, wird sonach durch diesen Versuch auch für die einzelnen Gewebe des Bewegungsapparates bestehend gezeigt.

Während der Arbeitsleistung können die Muskeln sonach nicht nur aus dem grossen Blutreichthum der Eingeweide Blut an sich ziehen, beim Frosche wenigstens versorgen sie ihren Mehrbedarf auch aus der während der Ruhe der Haut und den Knochen zugeführten Blutmenge.

Die durch Muskelcontraction bedingte Steigerung des Blutgehaltes im Bewegungsapparat bezieht sich sonach primär nur auf die Muskeln allein.

Nach längerer Muskelarbeit scheint sich dieses Verhältniss wenigstens nach den allbekannten Beobachtungen am Menschen zu verändern, sodass in der Folge auch der Blutgehalt der Haut gesteigert wird. —

Wenn man längere Zeit die unteren Extremitäten eines Frosches allein tetanisirt hat und zieht dem Thiere dann die Haut ab, so erscheint durch den gesteigerten Blutgehalt in den tetanisirten Muskeln der Oberkörper erblasst, während die Schenkel sich lebhaft geröthet zeigen. Dieses Experiment gelingt nicht mit deutlichem Erfolg bei der Vergleichung mit den beiden hinteren Extremitäten in derselben Weise.

Bei Curare-Vergiftungen der Frösche von einer Rückenhautwunde aus zeigt sich stets ohne weitere Versuchsbedingungen das gleiche Resultut über die Veränderung der Blutvertheilung durch Muskelthätigkeit. Bekanntlich werden bei dieser Art der Applicirung des Giftes bei Fröschen die Muskelnerven der oberen Extremitäten ziemlich viel früher unthätig als die der Hinterbeine, worauf das bekannte Zusammensinken des vergifteten Thieres, das gesund auf seine Arme sich stützt, eintritt. Lange noch nach diesem Zusammensinken und dem Eintritt der Paralyse oder Halbparalyse der Arme macht der Frosch noch die Springbewegungen mit den Hinterextremitäten, diese sind sonach länger thätig als die Arme und zu einer Zeit, in der letztere schon nicht einmal mehr kürzere Abwechslung zwischen Ruhe und Thätigkeit zeigen. Die willkürlichen Bewegungen mit dem Oberkörper, welche Frösche machen, die an den Hinterbeinen tetanisirt werden, stören in etwas die Ausbildung der Veränderung in der Blutvertheilung bei Tetanus. Bei den Curarefröschen, wo dieses Moment der Ausgleichung wegfällt, zeigt sich auch die Wirkung der Muskelthätigkeit am

schlagendsten. Der Oberkörper ist erblasst, blutleer, die Muskeln der Hinterbeine stark geröthet, strotzend mit Blut gefüllt. —

Ein hübsches hierher gehörendes Experiment lässt sich am Herzen des Frosches anstellen.

Am häufigsten sieht man bei Curarefröschen eben wegen des oben erwähnten Einflusses der Vergiftung auf die Blutvertheilung das Herz weniger blutreich, erblasst. Dieser Zustand ist es, in welchem der Versuch am schönsten sich demonstriren lässt, obwohl er auch an Herzen gelingt, die in der Diastole wie eine rothe Kirsche vor Blutfülle in ihrer Muskulatur strotzen. Berührt man das Herz in der Systole mit einem feinen, aber stumpfen Instrumente, so sieht man, wie noch vor der Diastole, vor Eintritt des Blutes in das Herz, in diese eine gereizte Stelle Blut hineinschiesst, sie als eine rothe Geschwulst über die Oberfläche des Herzens erhebt, die nach starker Berührung auch noch während der Diastole und nachher in der Systole, wenn die Herzmuskulatur im Uebrigen wieder erblasst ist, sichtbar bleiben kann. Wohl jedem Experimentalphysiologen ist dieses Experiment schon gelegentlich aufgestossen. Wenn man ein Froschherz mit einer Pincette berührt und etwas in die Höhe hebt, tritt an der gezwickten Stelle des Herzens diese, den Reiz noch einige Zeit überdauernde, local gesteigerte Blutfülle ein. Das Herz reagirt so lebhaft auf derartige Reizungen, dass man mit einer stumpfen Nadel geradezu auf seiner Oberfläche verschiedene Linien ziehen kann, die dann sofort in Blutschrift aufschiessen, die je nach der Reizstärke mehr oder weniger rasch wieder verschwindet.

Die neuen im Leipziger physiologischen Institute gemachten Beobachtungen über die Verlangsamung des Blutstromes in den Muskeln bei Ermüdung derselben, sind nicht so zu deuten, als würde damit auch die Blutmenge in den ermüdeten Muskeln vermindert. Unsere Versuche an Fröschen, deren Blutgehalt im Bewegungsapparate nach andauerndem Tetanus untersucht wurde, lehren vielmehr, dass auch der ermüdende Muskel, resp. Bewegungsapparat, mehr Blut enthält als der geruhte. Die Verlangsamung des Blutstromes kann mit der gleichzeitigen Erweiterung des Strombettes direct zusammenhängen.

Hier soll noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass in den Beobachtungen C. Voit's[1]), über die Wirkungen des Kaffee's, resp. Kaffeïn's, eine Einwirkung dieses Giftes, das das vergiftete Thier zu heftigen Muskelkrämpfen erregte, auf das Gefässsystem beschrieben wird.

»Die Gefässe dehnen sich aus, d. h. es tritt eine Lähmung der Gefässmuskeln ein, auch die Capillaren sind mit Blut angefüllt, wodurch die ganze Haut rosaroth gefärbt erscheint. Die Muskeln sind meist ungemein fest und viel dicker als normal, nur nicht an den Theilen mit abgebundenen Gefässen; die Muskeln werden dicker, auch wenn die Nerven durchschnitten und keine Krämpfe eingetreten waren«. Voit leitet die Anschwellung der Muskeln von der Ausdehnung der Gefässe ab, die wie an der äusseren Haut, so auch im Muskel stattfand.

Diese Beobachtungen zeigen mit aller Deutlichkeit, dass das Kaffeïn, oder der Kaffee, der so lebhafte Wirkungen auf das Kraftgefühl der Muskeln und

[1]) a. a. O. pg. 148.

ierven ausübt und die Arbeitsfähigkeit zunächst subjectiv bedeutend steigert, ine ebenso deutliche Einwirkung auf die Vertheilung des Blutes in den Orga- en hat. Dem Bewegungsapparate wird Blut in gesteigerter Menge zugeführt, er Stoffwechsel in diesen Organen dadurch gesteigert. Das gesteigerte Kraft- efühl beruht sonach bei Kaffeegenuss auf demselben Momente, wodurch das- elbe bei einer im Allgemeinen gesteigerten Ernährung hervorgerufen wird. lier wird local der Bewegungsapparat besser ernährt, der Stoffwechsel in ihm gesteigert und damit das auf der Grösse les Stoffwechsels in den Bewegungsorganen beruhende sub- ective Kraftgefühl. Die Veränderung der Blutvertheilung ist nach den Fort'schen Beobachtungen von dem Tetanus, der im Gefolge der Kaffeïnver- iftung eintritt, ganz unabhängig, da sie auch nach Durchschneidung der Nerven, wonach die Krämpfe ausbleiben, in ziemlich gleicher Stärke wie bei len Krämpfen selbst eintritt.

Zweifelsohne wird sich eine Reihe von Stoffen auffinden lassen, welche eine derartige Einwirkung auf die Blutvertheilung haben und dadurch den Stoffwechsel local erhöhen oder verringern können. So werden sich die Wir- kungen von Stoffen erklären, die, trotz ihres grossen Einflusses auf das Allge- meinbefinden, doch von keiner steigernden oder verlangsamenden Wirkung auf den Gesammtstoffwechsel sind. Die locale Veränderung der Organ- thätigkeit beruht auf einer localen Veränderung der Ernährung durch Veränderung der Blutzufuhr zu dem betreffenden Organe.

## §. 5.

## Volumsänderung der menschlichen Extremitäten durch Muskelarbeit.

Es ist bekannt, dass die Bewegungsglieder durch Uebung an Volum dauernd zunehmen.

Wenn die Muskulatur eine so bedeutende Steigerung ihres Blutgehaltes erfährt durch die Arbeitsleistung, so muss eine entsprechende Zunahme ihres Volums und damit der gesammten arbeitenden Bewegungsglieder: der Beine, der Arme eintreten.

Im Folgenden sollen einige derartige Messungen mitgetheilt werden.

Bei dem Gehen in der Ebene, mehr noch bei dem Steigen auf Höhen, lei- stet die Wadenmuskulatur eine bedeutende Arbeit.

In der Ruhe wurde der grösste Umfang der Waden gemessen, die Mess- stelle mittelst Höllenstein bezeichnet in ihrem ganzen Umfang, sodass eine fol- gende Messung genau wieder auf die erstgemessene Stelle traf. Ein starkes ledernes Metermaass war der Messapparat. Das Uebrige ergeben die Versuche selbst.

### I. Versuch.

1. Messung 6 hor. 20′ Morgens sogleich nach dem Aufstehen aus dem Bett bei Ruhe der Muskulatur:

| | | |
|---|---|---|
| rechte Wade stehend | 36,9 | CM. |
| linke » » | 38,0 | » |

2. Messung 9 hor. 20′, nach den gewöhnlichen leichten Bewegungen der ländlichen Morgenbeschäftigungen, also nach dreistündiger leichter Muskelbewegung:

rechte Wade stehend 37,5 CM.
linke » » 38,6 «

3. Messung 12 hor. 0′ Mittags.

Um 9 hor. 25 begann die Fusswanderung bis 10 hor. 0′ in der Thalsohle 2254 Fuss u. M., von 10 hor. 0′ an rasches Ansteigen auf zumTheil steilem Gebirgswege, um 12 hor. 0′ auf der Bergspitze 5341 Fuss u. M., also nach 2 hor. 35′ starker Muskelbewegung:

rechte Wade stehend 38,0 CM.
linke » » 39,2 »

4. Messung 12 hor. 25′.

Nach 25′ Rast, Muskelruhe nach Muskelarbeit:

rechte Wade stehend 38,0 CM.
linke Wade nicht gemessen.

5. Messung 2 hor. 0′.

Nachdem 35′ steil abwärts gestiegen war, dann 1 Stunde gerastet:

rechte Wade stehend 37,7 CM.
linke « » 38,7 »

6. Messung 3 hor. 20′.

Nach weiterem Absteigen und Rückwanderung in der Ebene, also nach neuer Muskelarbeit:

rechte Wade stehend 37,9 CM.
linke » » 39,0 »

7. Messung 7 hor. 30′ Abends. Nach 4stündiger Rast:

rechte Wade stehend 37,5 CM.
linke » » 39,0 »

Die linke Wade war etwas schmerzhaft, nach einem kurzdauernden Krampfe um 12 hor.

8. Messung 7 hor. Morgens, direct nach der Nachtruhe aus dem Bett, nach vollkommener Muskelruhe:

rechte Wade stehend 37,0 CM.
linke » » 38,0 »

## II. Versuch.

Er schliesst sich direct an den vorstehenden an.

1. Messung, 7 hor. 0′ Morgens, direct nach der Nachtruhe aus dem Bett, also nach längerer vollkommener Muskelruhe:

rechte Wade stehend 37,0 CM.
linke » » 38,0 »

2. Messung, 7 hor. 0′ Abends, nach viel Bewegung im Freien, einem längeren Gange und einem Lauf in der Ebene, also nach starker Muskelthätigkeit:

rechte Wade stehend 38,6 CM.
linke » » 39,7 »

3. Messung 10 hor. 0′ Abends, nach längerem Sitzen, also bei Muskelruhe nach Muskelbewegung:

rechte Wade stehend 38,5 CM.
linke » » 39,7 »

4. Messung 6 hor. 0′ Morgens, sogleich nach dem Aufstehen aus dem Bette, also nach langer vollkommener Muskelruhe:

rechte Wade stehend 36,9 CM.
linke » » 38,2 »

5. Messung 7 hor. 45′ Morgens, nach möglichst leichten Bewegungen und Sitzen, also bei gewöhnlicher Muskelruhe:

rechte Wade stehend 37,2 CM.
linke » » 38,2 »

6. Messung 8 hor. 27′ Morgens nach 25 Minuten rascher und starker Bewegung in der Ebene, also nach kurzer, aber starker Muskelbewegung:

rechte Wade stehend 37,7 CM.
linke » » 38,8 »

7. Messung 8 hor. 37′ Morgens, nach 10 Minuten Muskelruhe nach Muskelarbeit:

rechte Wade stehend 37,4 CM.
linke » » 38,5 »

Die Beobachtungen lehren (II. Versuch) deutlich, dass das Volumen der Unterschenkel am Morgen direct nach der Nachtruhe kleiner ist, als am Abend nach stärkerer Bewegung im Freien.

Das Volum der Unterschenkel nimmt mit der stärkeren Arbeit der betreffenden Muskeln direct zu, diese Zunahme bleibt einige Zeit, nachdem die Muskelarbeit aufgehört hat, noch bestehen und verschwindet erst nach längerer Ruhe im Bett, sodass das Volum der betreffenden Glieder am Morgen nach der Muskelanstrengung wieder das alte ist.

Die stärkste Zunahme des Wadenumfanges ist im I. Versuch 3. Messung für die

rechte Wade 1,1 CM.
linke » 1,2 »

im II. Versuch, 2. Messung

rechte Wade 1,6 CM.
linke » 1,7 »

Die Resultate dieser Beobachtungen stimmen mit den directen Blutbestimmungsresultaten bei und nach Muskeltetanus überein. Sie beweisen einen gesteigerten Blutreichthum der Bewegungsapparate während und nach ihrer Arbeitsleistung.

## Schlussbetrachtung des Abschnittes I.

Wir sind mit dem Gedanken an die vorstehenden Untersuchungen herangetreten, eine Vermittelung für die bisher bestehenden scheinbaren Widersprüche aufzufinden zwischen den Experimentalergebnissen der Versuche, von welchen sich die einen bei der Erforschung des Einflusses der Muskelthätigkeit auf den Stoffumsatz auf die Betrachtung des Gesammtstoffwechsel beschränkten, die anderen dagegen auf die Beobachtung des Localstoffwechsels in den direct thätigen Organen.

Schon unsere älteren Versuche hatten zum Theil die gesuchte Vermittelung ergeben.

Wenn die Gesammtstoffwechselversuche bei Muskelthätigkeit den Stoffumsatz im Ganzen der geleisteten mechanischen Arbeit nicht äquivalent gesteigert zeigen, so lehren unn unsere Versuche, dass diese relative Unabhängigkeit des Gesammtstoffwechsels von der Nerven- und Muskelarbeit von einer

**doppelten Compensation**

bedingt sei.

Der durch die Organstoffwechselversuche bewiesene Mehrverbrauch an Stoffen in den thätigen Organen, wird für den Gesammtstoffwechsel ausgeglichen.

1) durch locale Compensation im arbeitenden Organe selbst.

Auf die Zeit der bei der Arbeit gesteigerten Stoffzersetzung folgt in der Zeit der Ermüdung ein Herabsinken des Organstoffwechsels unter die bei leistungsfähiger Ruhe vor der Arbeit eingehaltene Linie. So findet eine Ausgleichung in der Art statt, dass die Summe der Organzersetzungen in der Thätigkeit und der darauf folgenden Ermüdung sich theoretisch nicht wesentlich zu unterscheiden braucht von der Grösse der Zersetzungen, welche in einem der Summe dieser beiden Zeittheile gleichen Zeitabschnitte im Zustand der leistungsfähigen Ruhe, in dem geruhten Zustande des Organes in diesem stattfindet.

In dem Auftreten von ermüdenden Substanzen im ermüdenden Muskel und Nerven haben wir experimentell ein thatsächliches Moment erkannt, wodurch der Stoffumsatz nach einer anfänglichen Steigerung bei der Thätigkeit schliesslich im Zustande der Ermüdung auf ein Minimum herabgedrückt wird.

Eine weitere Wirkung im Sinne der Ausgleichung im Gesammtstoffwechsel findet aber statt

2 durch die hier neu erkannten allgemeinen Compensationen zwischen arbeitenden und ruhenden Organen desselben Organismus, durch den

**Thätigkeitswechsel der Organe.**

Unsere Annahme des Thatigkeitswechsels basirt vorläufig auf den Beobachtungen über die Veränderung der Blutvertheilung im Gesammtorganismus durch die Arbeitsleistung einzelner Organe, vor allen der Muskeln und Nerven.

In dem Blute sehen wir die Haupternährungsflüssigkeit der Organe, es ist uns wie Voit u. A.[1]) ein Maass für das dem Organe zuströmende Blastem. Je mehr Blut und damit Blastem einem Organe zugeführt wird, desto lebhafter wird sein Stoffumsatz.

Unsere Versuche beweisen, dass der Muskel im Tetanus eine sehr bedeutende Steigerung seines Blutgehaltes erfährt; diesen Werthen entsprechend muss sein Stoffumsatz bei Arbeit steigen, wozu auch die Steigerung der Geschwindigkeit des Blutstromes in derselben Zeit nicht unwesentlich beiträgt.

Aber während die Bewegungsorgane des Muskelarbeit leistenden Thieres mehr Blut erhalten, wird dieses Plus den übrigen Organen entzogen. Je mehr Blut und Blastem den arbeitenden Organen zuströmt, um ebenso viel weniger erhalten die übrigen. Dadurch wird annähernd um dieselbe Grösse der Stoffwechsel in den übrigen Körpertheilen vermindert, um welche er in dem vorzüglich arbeitenden Organe vermehrt ist.

Auch dadurch wird eine Steigerung des Gesammtstoffwechsels der geleisteten Arbeit entsprechend unmöglich gemacht.

Diese so oft vorausgesetzte Congruenz wird noch weiter dadurch gestört, dass während des Tetanus die Blutcirculation im Allgemeinen etwas beschleunigt ist, wodurch der Umsatz in allen Organen erhöht werden muss. Diese Steigerung tritt auch ein in den wegen veränderter Blutvertheilung weniger Stoffe zersetzenden Organen, also auch hier wieder Compensation. Dann lehren uns unsere Beobachtungen weiter, dass die einzelnen Organe in Beziehung auf die Intensität ihres normalen Stoffwechsels sehr bedeutende Unterschiede zeigen. So wird die Blutverminderung in den Organen hier nach der normalen Intensität des in ihnen vor sich gehenden Stoffwechsels auch noch von verschiedener Wirkung auf den Gesammtstoffwechsel sein.

So viel steht nun fest:

**Die arbeitenden Muskeln und Nerven,** die nach unseren Beobachtungen auch eine vom Blute unabhängige Steigerung ihres Stoffwechsels zeigen und durch eine erkannte Veränderung der physikalischen Eigenschaften ihrer Membranen im Stande sind mehr Blastem in sich aufzunehmen[2]), **erhalten auch eine gesteigerte Zufuhr von Sauerstoff und Blastem** (im Blut). Da auf diesen Factoren vor Allem die Grösse des Stoffwechsels beruht, so ist damit **bewiesen,** dass bei der Muskelarbeit in den arbeitenden Organen selbst eine entsprechende Steigerung des Stoffwechsels eintreten muss, die wir als Quelle der Muskelkraft ansprechen.

Der Einfluss des im arbeitenden Muskel gesteigerten Stoffwechsels auf den Allgemeinstoffwechsel wird durch **Compensationseinrichtungen** ausgeglichen, von denen wir jetzt zwei experimentell kennen gelernt haben:

1. **die locale Compensation** in den arbeitenden Muskeln und Nerven, und
2. **den Thätigkeitswechsel oder Functionswechsel** der Organe.

1) cf. Einleitung. S. 2.

2) cfr. Lebensbedingungen der Nerven, S. 82 ff.

Andere Compensationsvorgänge, die noch gleichzeitig in Wirksamkeit treten könnten, sind damit nicht ausgeschlossen. Schon oben wurde der im Gegensatz zur Compensation sich geltend machenden Wirkung der allgemeinen Steigerung der Circulationsgeschwindigkeit gedacht. Doch haben jedenfalls weitere Hypothesen den Experimentalbeweis ihrer Existenz erst zu liefern, der für zwei so energisch wirkende Ausgleichungsvorgänge im Vorstehenden erbracht ist.

In dem folgenden Abschnitte wenden wir uns zu neuen Versuchen.

Der Beweis des Thätigkeitswechsels soll noch an dem Einzelstoffwechsel der Organe selbst geführt und damit über alle Zweifel sicher gestellt werden.

# Abschnitt II.

Die

# Betheiligung der grossen Organe

am

## Stoffwechsel bei Ruhe und im Tetanus.

---

LANE LIBRARY. STANFORD UNIVERSITY

# Capitel V.

## Die Thätigkeit der Leber und der Nieren unter dem Einfluss des Tetanus und der Muskelruhe.

### §. 1.

### Vorbemerkungen.

Von der Erkenntniss der Veränderung der Blutvertheilung im Organismus durch Muskelruhe und Tetanus ausgehend dürfen wir den vermutheten Functionswechsel der Organe schon für bewiesen halten.

Durch die Muskelarbeit werden in den arbeitenden Organen die drei Factoren des Stoffwechsels, die wir aus den Bischoff–Voit'schen Stoffwechselversuchen kennen, im Sinne einer Steigerung des Stoffwechsels verändert. Dieser Veränderung entsprechend werden die Umsatzbedingungen in den übrigen Organen des Körpers während derselben Zeit vermindert, welche Verminderung durch die gleichzeitig im Allgemeinen etwas gesteigerte Circulationsgeschwindigkeit nur zum Theile ausgeglichen werden wird.

Aeltere Experimente haben zu erweisen versucht, dass während der Muskelarbeit die Resorption vom Darm aus beschleunigt sei, daraus hat man wohl im Allgemeinen hie und da den Schluss ziehen wollen, dass durch Arbeit der Muskeln die Verdauungsthätigkeit und damit die Thätigkeit der sich bei diesem Acte betheiligenden Drüsen gesteigert werde.

Diese beschleunigte Resorption vom Darme aus, die wir schon als exact bewiesen annehmen wollen, hat ihren alleinigen Grund offenbar in der schon mehrfach erwähnten Beschleunigung der Gesammtcirculation durch die Thätigkeit der Muskeln, für eine durch die Muskelarbeit gesteigerte Drüsenthätigkeit beweist sie direct Nichts. Es wird sich experimentell entscheiden müssen, ob diese Beschleunigung der Circulation im Stande ist, was uns von vorne herein nach den Resultaten der Gesammtstoffwechselversuche als äusserst unwahrscheinlich erschien, die durch die absolute Verminderung des für die Drüsen zu verwendenden Blutes angestrebte Herabsetzung ihres Stoffwechsels überzucompensiren.

Dagegen ist jedem an starke Muskelanstrengungen Gewöhnten unsere Grundbetrachtung bekannt, dass der Zustand der Verdauung die Fähigkeit zu Muskelleistungen herabsetzt, und umgekehrt, eine dabei trotz der subjectiven Unfähigkeit, die von dem relativen Blutmangel in den Muskeln während der

gesteigerten Thätigkeit der grossen Unterleibsdrüsen herrührt, erzwungene energische, fortgesetzte Muskelleistung die Verdauung hintanhält.

Hier ist nur eine Entscheidung durch das Experiment möglich.

Wir wenden uns zu diesem Experimentalbeweis.

Die Untersuchungen dieses Capitels wurden an temporären Fisteln angestellt: Gallenblasenfisteln und Fisteln der Harnleiter.

Die Operationen wurden möglichst ohne Blutung ausgeführt, was durch doppelte Unterbindung der betreffendenden Gefässe vor dem Schnitt nicht zu schwer möglich ist.

Die Gallenversuche wurden an Kaninchen und Meerschweinchen angestellt, die Harnversuche an Hunden.

Die Canüle wurde in die entleerte Gallenblase eingebunden, der Ductus choledochus doppelt abgeschnürt. Die nun sogleich austropfende Galle in untergestellten gewogenen Glasschälchen gesammelt, die Tropfenzahl bestimmt, die Gallenmenge gewogen. An die Hinterfüsse waren die Electroden eines electrischen Schnittapparates befestigt, sodass die Muskeln der beiden Beine von unten auf von den Inductionsströmen durchflossen wurden. So konnte die Erregung leicht auf die hinteren Extremitäten beschränkt werden.

Nachdem einige gleiche Zeitabschnitte hindurch in der Muskelruhe die ausfliessende Gallenmenge bestimmt war, wurde Tetanus in den Hinterbeinen hervorgerufen, dabei die Gallenabsonderung wieder bestimmt und ebenso in der Ruhe nach dem Tetanus.

Ganz analog waren die Harnversuche an Hunden. Die Canüle wurde in den Harnleiter eingebunden und die Tropfenzahl gemessen. Der zweite Harnleiter wurde unterbunden.

Bei diesen Versuchen drängte sich zunächst eine ungesuchte Beobachtung auf.

Hatte das Thier, was einige Male eintrat, bei der Operation auch eine scheinbar nicht beträchtliche Blutmenge verloren, so wurde doch dadurch die Gallenabsonderung vermindert oder vollkommen unterdrückt. Dasselbe wurde bei der Bestimmung der Harnmenge unter analogen Bedingungen beobachtet. Man war im Stande, die cessirende Absonderung durch Injection von warmem 1%igem Salzwasser in die Venen wieder hervorzurufen. Im Harne stellte sich dadurch Eiweissgehalt ein.

So unerwünscht an sich diese Beobachtungen waren, die in der Folge durch vorsichtigeres Operiren vermieden wurden, so lehren sie uns doch, dass eine allgemeine Blutverminderung, welche auf die Energie der Muskelbewegungen noch keinen merkbaren Einfluss ausübt, eine sehr lebhafte Einwirkung auf die Drüsenthätigkeit zeigt: sie vermindert respective unterdrückt die Thätigkeit der grossen Drüsen: Leber und Niere momentan.

Wir dürfen danach schon von vorneherein vermuthen, dass eine locale Blutverminderung in den Drüsen, wie sie durch Muskelthätigkeit erzeugt wird, einer allgemeinen Blutverminderung analog wirken, d. h. die betreffenden Drüsenthätigkeiten herabsetzen werde.

So wenden wir uns nach dieser vorläufigen Orientirung zu den Versuchen selbst.

## §. 2.

## Versuchsbeispiele über Gallenabsonderung bei Kaninchen im Tetanus und Muskelruhe.

### Versuch I.

Versuchsthier: Kaninchen.

Rohgewicht: 1384 Gramm.

Lebergewicht, bluthaltig: 34,5 Gramm.

Operation. Tracheotomie, Eröffnung der Bauchhöhle in der Linea alba ohne Blutung, die Gedärme herausgelegt, in ein feucht-warmes Tuch von 35° C. eingeschlagen, mit einem zweiten ebenfalls feuchtwarmen bedeckt, das von Zeit zu Zeit erneuert wird, um die Temperatur möglichst gleichmässig zu halten.

Gallenblase angeschnitten, Galle entleert, Canüle eingebunden, Abbindung des Gallengangs in der Nähe der Eintrittsstelle in den Darm.

Die Galle fliesst regelmässig aus, Tropfen für Tropfen.

Versuch. Der regelmässige Gallenabfluss wurde durch den Tetanus gestört und zwar sehr verlangsamt.

Bei Tetanus I und II fiel zuerst noch der schon im Röhrchen von der vorausgehenden Periode der Ruhe her befindliche Tropfen ab, dann sistirte die Gallenabsonderung in I vollkommen, bei II kam noch ein zweiter Tropfen. Bei Tetanus III war das Thier schon sehr erschöpft. Die Muskeln der hinteren Extremitäten contrahirten sich anfänglich nur noch sehr schwach, später gar nicht mehr auf Stromstärken, die nicht das ganze Thier in Tetanus versetzten. Es floss verlangsamt Galle ab. Nach Tetanus I und II erschien die Gallenabsonderung ungeschwächt in der Ruhe wieder, nach Tetanus III blieb die Verlangsamung anfänglich noch bestehen, vom zweiten Tropfen nach dem Aufhören der Muskelreizung an folgten sich die Tropfen wieder ziemlich mit der für die Muskelruhe bei diesem Thiere normalen Geschwindigkeit.

Tropfenzählung.

| | | |

**Ruhe nach Tetanus I.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Beginn der Ruhe nach dem Tetanus | 10 hor. | 59′ | 0″ |
| 5 Tropfen fielen bis | 11 » | 7′ | 20″ |
| Die Leber producirte in der Ruhe 1 Tropfen in: | | 1′ | 45″ |

**Tetanus II.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Beginn | 11 hor. | 7′ | 20″ |
| erster Tropfen | » | 12′ | 50″ |
| dann Nichts bis | » | 15′ | 40″ |
| Die Leber producirte im Tetanus 1 Tropfen in: | | 4′ | 10″ |

**Ruhe nach dem Tetanus II.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Beginn | 11 hor. | 15′ | 40″ |
| Tropfen 1 | » | 16′ | 15″ |
| » 2 | » | 16′ | 35″ |
| » 3 | » | 17′ | 0″ |
| » 4 | » | 17′ | 20″ |
| » 5 | » | 17′ | 40″ |
| » 6 | » | 17′ | 55″ |
| » 7 | » | 18′ | 20″ |
| » 8 | » | 19′ | 50″ |
| » 9 | » | 20′ | 27″ |
| » 10 | » | 23′ | 24″ |
| Die Leber producirte in der Ruhe 1 Tropfen in: | | | 46″ |

**Tetanus III.**

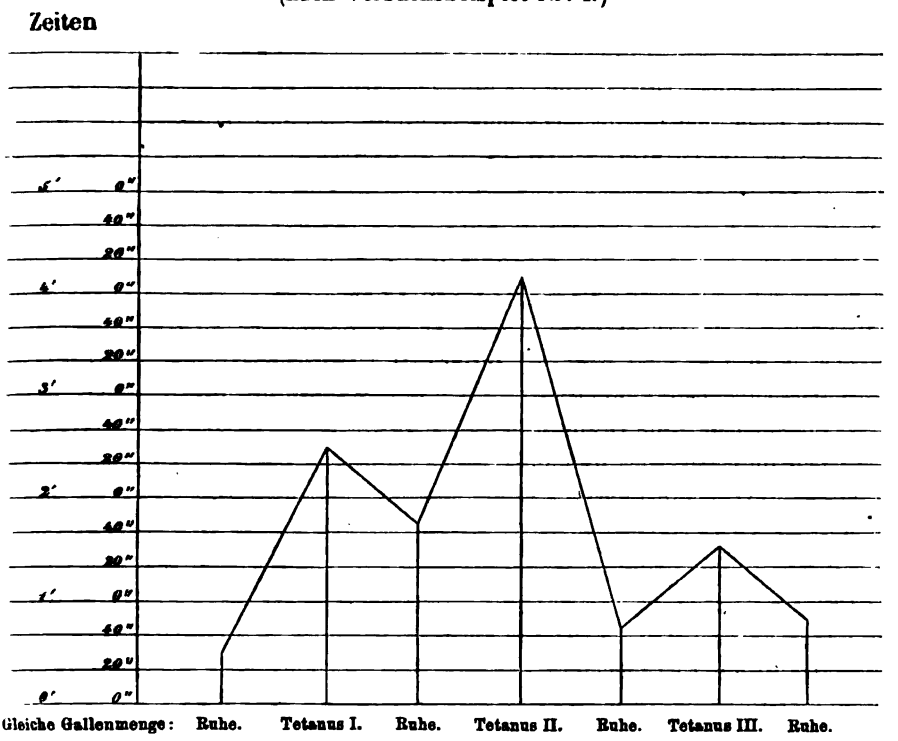
| | | | |
|---|---|---|---|
| Beginn | 11 hor. | 23′ | 24″ |
| Tropfen 1 | » | 25′ | 25″ |
| » 2 | » | 28′ | 53″ |
| » 3 | » | 29′ | 7″ |
| » 4 | » | 29′ | 34″ |
| » 5 | » | 31′ | 1″ |
| Die Leber producirte im Tetanus 1 Tropfen in | | 1′ | 32″ |

**Ruhe nach dem Tetanus III.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Beginn | 11 hor. | 31′ | 1″ |
| Tropfen 1 | » | 33′ | 17″ |
| » 2 | » | 34′ | 27″ |
| » 3 | » | 35′ | 12″ |
| » 4 | » | 36′ | 7″ |
| » 5 | » | 37′ | 0″ |
| Die Leber producirte in der Ruhe 1 Tropfen in | | 1′ | 11″. |

Nehmen wir die gleichen Tropfenzahlen als Abscisse und tragen darauf die Zeiten als Ordinaten auf, so erhalten wir für die Geschwindigkeit der Gallenproduction bei Ruhe und Tetanus der hinteren Extremitäten nach der vorstehenden Tabelle folgende Curve.

Curve der Gallenausscheidung bei Muskelruhe und Tetanus
(nach Versuchsbeispiel Nr. I.)




Die Ausscheidung gleicher Gallenmengen bedarf sonach sehr ungleicher Zeiten in Ruhe und Tetanus, die Zeiten wachsen im Tetanus sehr bedeutend, die Gallenproduction nimmt also in der Zeiteinheit um die gleiche Grösse ab.

20 Tropfen in der Ruhe vor dem Tetanus I ausgeschieden wogen:

feucht 0,8380 Gramm.
trocken 0,0199 »

also:

feste Stoffe 2,3%
Wasser 97,7%.

Betrachten wir nur die Galleausscheidung bei Ruhe vor dem Tetanus als die normale, so hätte danach das Thier in 24 Stunden ausgeschieden feuchte Galle 117,64 Gramm; 1 Kilogramm Kaninchen (Reingewicht = 1107), demnach in 24 Stunden feuchte Galle = 106,2 Gramm.

Im Tetanus II wurden ausgeschieden

feucht 0,0365 Gramm.
trocken 0,0008 »

also:

feste Stoffe 2,2%
Wasser 97,8%.

Danach scheint die Galle im Tetanus etwa gleich concentrirt als in der Ruhe.

**Versuch II.**

Versuchsthier: Kaninchen.
Rohgewicht: 1015 Gramm.
Die Operation gelang nicht ohne Blutung, der Blutverlust war ziemlich.
Es erfolgte keine Gallenabsonderung.
Das Thier war noch ganz kräftig und machte starke Bewegungen, sodass die Nerven- und Muskelthätigkeit offenbar nicht in dem Maasse gestört war, als die Drüsenthätigkeit.
Nach 15 Minuten hatte sich die Gallenabsonderung nicht eingestellt.
Der Versuch wurde daher abgebrochen.

**Versuch III.**

Versuchsthier: Kaninchen.
Rohgewicht: 868 Gramm.
Lebergewicht: 30 Gramm.
Die Operation gelang gut.
Es wurde je 10 Minuten lang die Gallenmenge gesammelt und gewogen. Die Einleitung des Tetanus war durch den schon mehrfach beschriebenen Uhrwerkunterbrecher [1]) auf die Zeit von 10 Minuten ausgedehnt, indem der Tetanus in gleichlangen Ruhepausen in der schon öfter angewendeten Weise unterbrochen wurde.
Das Resultat ist folgendes.

In je 10 Minuten wurden ausgeschieden feuchte Galle.

I. Ruhe vor dem Tetanus I:
0,4855 Gramm.

II. Tetanus I.
0,4375 Gramm.

III. Ruhe nach dem Tetanus I:
0,4930 Gramm.

IV. Tetanus II.
0,3012 Gramm.

V. Ruhe nach dem Tetanus II:
0,4126 Gramm.

Der Versuch zeigt die Gallenmengen schon während des Tetanus I vermindert, die Hauptverminderung fällt jedoch auf die Ruhe nach dem Tetanus I.
Durch den lang andauernden Tetanus war das Thier äusserst erschöpft, sodass bei Tetanus II, ausser durch Ströme, welche das ganze Thier in Krämpfe versetzten, keine deutliche Contraction der Muskeln der Unterextremitäten hervorgerufen werden konnte.

1) cf. z. B. Tetanus S. 229.

In Folge dessen sehen wir unter der Reizung im Zustande der Ermüdung die Gallensecretion wieder ansteigen, als fände keine Muskelreizung statt. Die Muskelreizung ist im Zustande der Ermüdung danach vollkommen wirkungslos in Beziehung auf die Gallenausscheidung, ein Resultat, was nach den älteren Anschauungen ebenso zu erwarten war, wie nach den neuesten mehrmals erwähnten Beobachtungen SADLER's im LUDWIG'schen Laboratorium, welche in Beziehung auf den Blutlauf in den Muskeln unter der Einwirkung des Tetanus bei ermüdeten Muskeln zu ganz entgegengesetzten Resultaten gelangten, als sie bei leistungsfähigen gefunden wurden.

Der Versuch lehrt uns sonach, wie nach Verminderung der Gallenausscheidung durch Tetanus wieder ein Ansteigen derselben erfolgt, bis annähernd zur normalen Höhe vor dem Tetanus. Dieses Ansteigen wird durch eine Muskelreizung im Zustande der Ermüdung nicht deutlich aufgehalten.

Die ausgeschiedenen Gallenmengen sind bedeutend. In den 50 Minuten Versuchszeit wurde ausgeschieden an feuchter Galle:

2,098 Gramm,

also in 60 Minuten 2,51 Gramm, in 24 Stunden 60,2 Gramm. Berechnen wir das in der üblichen Weise auf 1 Stunde und 1 Kilogramm Leber- und Thiergewicht, so bekommen wir als Ausscheidungsgrössen

1 Kilogramm Kaninchenleber scheidet in 1 Stunde aus . . . . . 84,0 Gramm feuchte Galle,
1 Kilogramm Kaninchen (694 Gramm) (Rohgewicht zu Reingewicht wie 100 : 80) . 3,6 » » »

Trockenbestimmungen der feuchten Galle wurden bei diesem Versuche nicht angestellt.

Die Gallenmengen sind dadurch noch zu gering ausgefallen, dass auch Tetanus mit deutlicher Verminderung der Ausscheidung sich einschob. Rechnen wir nach den ersten 10 Minuten der Beobachtung, so ergeben sich als Gesammtausscheidung für 24 Stunden 72 Gramm Galle, ein Kilogramm Kaninchen hätte dann ausgeschieden in 24 Stunden 102,2 Gramm feuchte Galle.

### Versuch IV.

Versuchsthier: Kaninchen, Weibchen.
Rohgewicht: 1230 Gramm.
Lebergewicht: 31 Gramm.
Die Operation gelang ziemlich ohne Blutung.

Auch hier wurden je 10 Minuten untersucht, der Tetanus war mit Unterbrechung in der oben angegebenen Weise eingeleitet. Das Thier ist nachher ganz ermüdet.

In je 10 Minuten wurden ausgeschieden Galle:

I. Ruhe vor dem Tetanus:
1,0380 Gramm feuchte Galle =
0,0195 « trockene » =
22 Tropfen.

II. Tetanus:
0,7995 Gramm feuchte Galle =
0,0143 » trockene » =
19 Tropfen.

III. Ruhe nach dem Tetanus:
0,6865 Gramm feuchte Galle =
0,0110 » trockene » =
15 Tropfen.

IV. Ruhe nach dem Tetanus:
0,6910 Gramm feuchte Galle =
0,0110 » trockene » =
15 Tropfen.

V. Ruhe nach dem Tetanus.
0,7300 Gramm feuchte Galle =
0,0120 » trockene » =
16 Tropfen.

Auch dieser Versuch ergibt eine Abnahme der Gallensecretion in Folge von Tetanus, die hier sich schon geltend macht in der Zeit des Tetanus selbst, noch stärker aber hervortritt in der Ruhe nach dem Tetanus, um dann wieder einem nachträglichen Ansteigen Platz zu machen.

Die Gallenmengen sind hier absolut noch grösser als im vorstehenden Versuche. In 50 Minuten wurden ausgeschieden

feuchte Galle 3,9094 Gramm.
trockene » 0,0678 »

Also in 1 Stunde:

feuchte Galle 4,69 Gramm.
trockene » 0,08 »

in 24 Stunden:

feuchte Galle 112,6 Gramm.
trockene » 1,9 »

1 Kilogramm Kaninchenleber
scheidet in 1 Stunde aus 154 Gramm feuchte Galle,
scheidet in 1 Stunde aus 2,2 Gramm trockene Galle.

1 Kilogramm Kaninchen
(984 Gramm, Rohgewicht zu Reingewicht wie 100 : 80) 4, 7 Gr. feuchte Galle,
(984 Gramm, Rohgewicht zu Reingewicht wie 100 : 80) 0,08 Gr. trockene Galle.

Rechnen wir die Gallensecretion nur nach den ersten 10 Minuten der Beobachtung, so berechnet sich für 24 Stunden die Ausscheidung:

feuchte Galle 150 Gramm.
trockene Galle 2,8 »

1 Kilogramm Kaninchen hätte dann ausgeschieden in 24 Stunden an feuchter Galle: 152,4 Gramm.

Die Trockenbestimmungen der Galle zeigen im Allgemeinen die bekannte Abnahme der festen Gallenbestandtheile mit der Dauer des Versuchs eine grössere Concentration der Galle im Tetanus konnte nicht constatirt werden

Die Zusammensetzung der Galle in diesem Versuche war folgende:

I. Ruhe vor dem Tetanus:
1,88% feste Stoffe,
98,12% Wasser.

II. Tetanus:
1,79% feste Stoffe,
98,21% Wasser.

III. Ruhe nach dem Tetanus:
1,602% feste Stoffe,
98,398% Wasser.

IV. Ruhe nach dem Tetanus:
1,59% feste Stoffe,
98,41% Wasser.

V. Ruhe nach dem Tetanus:
1,64% feste Stoffe,
98,36% Wasser.

VI. Ruhe nach dem Tetanus:
1,37% feste Stoffe,
98,63% Wasser.

In einer späteren Portion derselben Galle, nachdem seit 1½ Stunde die Galle ausgeflossen war, wurden die festen Stoffe ebenfalls bestimmt. Der Versuch ergab:

VII.
1,285% feste Stoffe,
98,715% Wasser.

Die Concentration der Galle nimmt sonach ziemlich stätig ab, jedoch sind die Concentrationsschwankungen ziemlich unbedeutend.

**Versuch V.**

Versuchsthier: Kaninchen.
Rohgewicht: 1100 Gramm.
Lebergewicht: 33 Gramm.
Die Operation gelang vollkommen gut.

Es wurden hier, wie bei Versuch I, die Zeiten für die Ausscheidung gleicher Gallenmengen beobachtet.

Die Gleichheit der Gallenmengen wurde primär durch die Tropfenzählung controlirt, hinterher wurden die Gallenmengen noch gewogen, Zählung und Wägung stimmten vollkommen überein, wie sich aus den angeführten Zahlenwerthen ergeben wird. Nur bei den letzten Einzelversuchen dieses Gesammtversuchs wurde das Tropfengewicht etwas geringer als im Anfang, was mit der oben constatirten Verminderung der Gallenconcentration im Laufe des Versuchs zusammenhängt.

## Tropfenzählung.

| | | |
|---|---|---|
| Beginn des Versuchs . . . . . | 9 hor. | 59′ 49″ |

### I. Ruhe vor dem Tetanus.

| | | |
|---|---|---|
| Tropfen 1 . . . . . | 9 hor. | 59′ 18″ |
| » 2 . . . . . | » | 59′ 40″ |
| » 3 . . . . . | 10 hor. | 0′ 8″ |
| » 4 . . . . . | » | 0′ 57″ |
| » 5 . . . . . | » | 1′ 3″ |
| » 6 . . . . . | » | 1′ 31″ |
| » 7 . . . . . | » | 1′ 54″ |
| » 8 . . . . . | » | 2′ 19″ |
| » 9 . . . . . | » | 2′ 46″ |
| » 10 . . . . . | » | 3′ 15″ |
| Die Leber producirte in der Ruhe vor dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . | | 4′ 26″ |

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,427 Gramm.

### II. Tetanus.

| | | |
|---|---|---|
| Tropfen 1 . . . . . | 10 hor. | 3′ 44″ |
| » 2 . . . . . | » | 4′ 15″ |
| » 3 . . . . . | » | 4′ 40″ |
| » 4 . . . . . | » | 5′ 0″ |
| » 5 . . . . . | » | 5′ 32″ |
| » 6 . . . . . | » | 5′ 58″ |
| » 7 . . . . . | » | 6′ 27″ |
| » 8 . . . . . | » | 6′ 54″ |
| » 9 . . . . . | » | 7′ 30″ |
| » 10 . . . . . | » | 7′ 54″ |
| Die Leber producirte im Tetanus 10 Tropfen in | | 4′ 36″ |

10 Tropfen wogen feucht 0,4300 Gramm.

Das Thier ist nach dem Tetanus wieder vollkommen munter.

### III. Ruhe nach dem Tetanus.

| | | |
|---|---|---|
| Tropfen 1 . . . . . | 10 hor. | 8′ 43″ |
| » 2 . . . . . | » | 9′ 24″ |
| » 3 . . . . . | » | 10′ 12″ |
| » 4 . . . . . | » | 12′ 20″ |
| » 5 . . . . . | » | 13′ 50″ |
| » 6 . . . . . | » | 14′ 51″ |
| » 7 . . . . . | » | 16′ 1″ |
| » 8 . . . . . | » | 17′ 12″ |
| » 9 . . . . . | » | 19′ 3″ |
| » 10 . . . . . | » | 19′ 36″ |
| Die Leber producirte in der Ruhe nach dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . . | | 11′ 25″ |

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4358 Gramm.

IV. Ruhe nach dem Tetanus.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tropfen | 1 | 10 hor. | 19′ 57″ |
| » | 2 | » | 20′ 30″ |
| » | 3 | » | 20′ 53″ |
| » | 4 | » | 21′ 20″ |
| » | 5 | » | 21′ 58″ |
| » | 6 | » | 22′ 24″ |
| » | 7 | » | 23′ 0″ |
| » | 8 | » | 23′ 45″ |
| » | 9 | » | 24′ 28″ |
| » | 10 | » | 24′ 59″ |

Die Leber producirte in der Ruhe nach dem Tetanuus 10 Tropfen Galle in . . . . 5′ 23″.

Die 10 Tropfen wogen 0,4158 Gramm.

V. Ruhe nach dem Tetanus.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tropfen | 1 | 10 hor. | 25′ 21″ |
| » | 2 | » | 25′ 33″ |
| » | 3 | » | 26′ 21″ |
| » | 4 | » | 26′ 57″ |
| » | 5 | » | 27′ 33″ |
| » | 6 | » | 28′ 14″ |
| » | 7 | » | 28′ 58″ |
| » | 8 | » | 29′ 14″ |
| » | 9 | » | 29′ 40″ |
| » | 10 | » | 30′ 15″ |

Die Leber producirte in der Ruhe nach dem Tetanus 10 Tropfen Galle in . . . . . 5′ 16″

Die 10 Tropfen wogen 0,4146 Gramm.

Der Versuch ergibt ein sehr deutliches Resultat.

Der Tetanus, der hier abweichend von den Versuchen Nr. 3 u. Nr. 4 ununterbrochen andauerte, hatte während seines Bestehens eine geringe Verminderung der Gallenabsonderung hervorgerufen, in der Ruhe nach dem Tetanus sehen wir aber die Zeit, in der die Vergleichsgallenmenge producirt wurde, fast um das Dreifache gestiegen, die Gallenmenge in der Zeiteinheit entsprechend vermindert. In der Folge steigt die Gallenproduction bis fast wieder zu der Höhe an, welche in der Ruhe vor dem Tetanus beobachtet wurde.

Der Versuch wurde noch weiter fortgesetzt, ohne dass noch einmal Tetanus eingeleitet worden wäre, um das schon in früheren Beobachtungen zu Tage getretene abermalige Absinken der Gallenausscheidung mit der Zeit des Versuches näher zu studiren.

Ohne die Zeiten für die einzelnen Tropfen anzugeben, stellen sich die hierbei gewonnenen Resultate folgendermassen.

Fortsetzung der Tabelle.

VI. Ruhe nach dem Tetanus:
10 Tropfen wurden producirt in 5′ 52″.

VII. Ruhe nach dem Tetanus:
10 Tropfen wurden producirt in 5′ 47″.

VIII. Ruhe nach dem Tetanus:
10 Tropfen wurden producirt in 6′ 19″.

IX. Ruhe nach dem Tetanus:
10 Tropfen wurden producirt in 7′ 23″.

X. Ruhe nach dem Tetanus:
10 Tropfen wurden producirt in 8′ 5″.

XI. Ruhe nach dem Tetanus:
10 Tropfen wurden producirt in 9′ 11″.

XII. Ruhe nach dem Tetanus:
10 Tropfen wurden producirt in 10′ 28″.

Der Versuch dauerte bis 11 hor. 23′ 20″ demnach im Ganzen: 1 Stunde 23 Minuten und 31 Secunden.

Dazu kommt noch eine Zeit von 3 Minuten zu Beginn des Versuchs, in welchen die Gallentropfen nicht gezählt wurden, sodass die Absonderung der Galle fast $1^1/_2$ Stunde beobachtet wurde.

Erst gegen Ende des Versuchs sehen wir die Gallenproduction stärker sinken, und sie erreicht noch nicht die Verminderung, welche wir künstlich durch das Einleiten des Tetanus der unteren Extremitäten hervorrufen konnten.

Das Abfallen der Gallenproduction ist dabei ein vollkommen stätiges, sodass das Versuchsresultat, soweit es sich auf den Tetanus mit plötzlichem Absinken und Wiederansteigen bezieht, dadurch gesichert erscheint.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Je 10 Tropfen wogen | I | 0,4270 | Gramm. |
| » » » » | II | 0,4300 | » |
| » » » » | III | 0,4358 | » |
| » » » » | IV | 0,4158 | » |
| » » » » | V | 0,4146 | » |
| 50 Tropfen wogen | | 2,1222 | Gramm. |

Das mittlere Gewicht von 10 Tropfen ist danach **0,42444** Gramm, wovon die einzelnen direct gewogenen Werthe nur äusserst minimal abweichen.

Die 50 Tropfen wurden ausgeschieden in 31 Minuten 6 Secunden. In 1 Stunde würde also abgesondert worden sein:

4,1 Gramm feuchte Galle,

in 24 Stunden:

98,4 Gramm feuchte Galle.

1 Kilogramm Kaninchenleber sonderte in 1 Stunde feuchte Galle ab: . . . . . **124** Gramm,

1 Kilogramm Kaninchen (800, Rohgewicht zu Reingewicht 100 : 80), sonderte in 1 Stunde feuchte Galle ab: **4,9** »

Berücksichtigen wir nur die erste Beobachtung bei Muskelruhe, so würden in 24 Stunden von dem Beobachtungsthiere ausgeschieden worden sein feuchte Galle 165,6 Gramm, was für das Kilogramm Kaninchen noch steigen würde auf 188,2 Gramm.

### Versuch VI.

Versuchsthier: Kaninchen, Männchen.

Rohgewicht: 1025 Gramm.

Lebergewicht: 32 Gramm.

Da in den vorstehenden Versuchen die Gallenproduction in der Ruhe vor dem Tetanus nur kurze Zeit hindurch beobachtet wurde, so scheint es zweckmässig, um die Constanz der Gallenproduction ohne Tetanus zu veranschaulichen, ein Beispiel anzuführen, in welchem dem Tetanus mehrere Beobachtungen der Gallenproduction in Ruhe vorausgehen. In diesem Versuche wurde das Gleichbleiben der Gallenproduction in der Ruhe in drei Einzelversuchen nachgewiesen.

Im Uebrigen ist der Versuch in der gleichen Weise angestellt, wie der vorausgehende Nr. V, in dem auch die Zeiten bestimmt wurden, in denen gleiche Gallenmengen producirt wurden. Die Bestimmung der Gallenmengen geschah wieder durch Tropfenzählung und Controle derselben durch Wägung. Auch die festen Stoffe der Galle wurden hierbei bestimmt.

#### Tropfenzählung.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Beginn des Versuchs . . . . . | | 12 hor. | 9′ 0″ |

#### I. Ruhe vor dem Tetanus.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tropfen | 1 . . . . . | 12 hor. | 9′ 0″ |
| » | 2 . . . . . | » | 9′ 24″ |
| » | 3 . . . . . | » | 9′ 58″ |
| » | 4 . . . . . | » | 10′ 4″ |
| » | 5 . . . . . | » | 11′ 36″ |
| » | 6 . . . . . | » | 12′ 14″ |
| » | 7 . . . . . | » | 13′ 6″ |
| » | 8 . . . . . | » | 14′ 0″ |
| » | 9 . . . . . | » | 15′ 9″ |
| » | 10 . . . . . | » | 15′ 56″ |

Die Leber producirte in der Ruhe vor dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 6′ 56″.

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4315 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0081 Gramm.

II. Ruhe vor dem Tetanus:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tropfen | 1 | 12 hor. | 16′ 36″ |
| » | 2 | » | 17′ 9″ |
| » | 3 | » | 18′ 18″ |
| » | 4 | » | 19′ 0″ |
| » | 5 | » | 19′ 20″ |
| » | 6 | » | 19′ 58″ |
| » | 7 | » | 20′ 39″ |
| » | 8 | » | 21′ 23″ |
| » | 9 | » | 21′ 56″ |
| » | 10 | » | 22′ 30″ |

Die Leber producirte in der Ruhe vor dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 6′ 34″.

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4195 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0072 Gramm.

III. Ruhe vor dem Tetanus:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tropfen | 1 | 12 hor. | 22′ 59″ |
| » | 2 | » | 23′ 30″ |
| » | 3 | » | 24′ 1″ |
| » | 4 | » | 24′ 44″ |
| » | 5 | » | 25′ 21″ |
| » | 6 | » | 26′ 0″ |
| » | 7 | » | 26′ 49″ |
| » | 8 | » | 27′ 24″ |
| » | 9 | » | 28′ 4″ |
| » | 10 | » | 28′ 33″ |

Die Leber producirte in der Ruhe vor dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 6′ 5″

IV. Tetanus.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tropfen | 1 | 12 hor. | 29′ 10″ |
| » | 2 | » | 29′ 42″ |
| » | 3 | » | 30′ 14″ |
| » | 4 | » | 30′ 52″ |
| » | 5 | » | 31′ 34″ |
| » | 6 | » | 32′ 15″ |
| » | 7 | » | 33′ 16″ |
| » | 8 | » | 34′ 3″ |
| » | 9 | » | 34′ 55″ |
| » | 10 | » | 35′ 33″ |

Die Leber producirte im Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 7′ 0″.

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4170 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0072 Gramm.

Das Thier ist nach dem Tetanus, der constant 7′ angedauert hatte, sehr erschöpft.

V. Ruhe nach dem Tetanus:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tropfen | 1 | 12 hor. | 36′ 20″ |
| » | 2 | » | 37′ 28″ |
| » | 3 | » | 38′ 33″ |
| » | 4 | » | 39′ 30″ |
| » | 5 | » | 40′ 18″ |
| » | 6 | » | 41′ 17″ |
| » | 7 | » | ? ? |
| » | 8 | » | 42′ 42″ |
| » | 9 | » | 43′ 20″ |
| » | 10 | » | 44′ 19″ |

Die Leber producirte in der Ruhe nach dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 8′ 46″.

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4956 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0075 Gramm.

VI. Ruhe nach dem Tetanus.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tropfen | 1 | 12 hor. | 45′ 0″ |
| » | 2 | » | 45′ 57″ |
| » | 3 | » | 46′ 54″ |
| » | 4 | » | 47′ 42″ |
| » | 5 | » | 48′ 48″ |
| » | 6 | » | 49′ 50″ |
| » | 7 | » | 50′ 54″ |
| » | 8 | » | 51′ 40″ |
| » | 9 | » | 53′ 24″ |
| » | 10 | » | 54′ 40″ |

Die Leber producirte in der Ruhe nach dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 10′ 31″.

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4200 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0065 Gramm.

VII. Ruhe nach dem Tetanus.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tropfen | 1 | 12 hor. | 55′ 45″ |
| » | 2 | » | 56′ 42″ |
| » | 3 | » | 57′ 51″ |
| » | 4 | » | 58′ 57″ |
| » | 5 | » | 59′ 58″ |
| » | 6 | 1 hor. | 0′ 57″ |
| » | 7 | » | 1′ 41″ |
| » | 8 | » | 2′ 30″ |
| » | 9 | » | 3′ 28″ |
| » | 10 | » | 4′ 30″ |

Die Leber producirte in der Ruhe nach dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 9′ 50″.

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4199 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0070 Gramm.

Ende des Versuchs 1 hor. 4′ 30″.

Der Versuch zeigt den stes beobachteten Verlauf.

In der Ruhe vor dem Tetanus sehen wir die Gallenproduction in der Zeit ziemlich gleichmässig vor sich gehen, in den drei Beobachtungen steigt sie sogar im Anfang, was auch sonst mehrmals beobachtet wurde, langsam an. Während des Tetanus beginnt sie zu sinken und setzt das Sinken in gesteigertem Maasse in der Ruhe nach dem Tetanus fort, um schliesslich wieder anzusteigen.

Das Ansteigen erreicht, den veränderten Versuchsbedingungen entsprechend, in diesem Versuch nicht den Grad, wie in dem letztvorausgehenden. Hier ging dem Tetanus eine längere Versuchszeit vorher, unter der das Thiere natürlich schon litt, und überdiess musste wegen der im Allgemeinen langsamen Gallenproduction der Tetanus eine lange Zeit, 7 Minuten, ununterbrochen andauern, wodurch das Thier noch weiter erschöpft werden musste. Trotzdem ist auch hier das Wiederansteigen der Gallenproduction nach der Verminderung durch den Tetanus ersichtlich.

Der Versuch hatte 1 Stunde und 4 Minuten gedauert.

Es wurden auch hier noch länger fort die Tropfen gezählt. Es ergab sich auch hier wie im Versuch V nach dem Ansteigen in Nr. VII ein erneuertes Absinken der Gallenproduction, was mit der zunehmenden Erschöpfung des Thieres Hand in Hand ging.

10 Tropfen wurden producirt VIII in 10′ 23″
» » » » IX » 13′ 32″
» » » » X » 14′ 14″

Auch hier wurden die festen Bestandtheile der Gallenportionen bestimmt und mit der Zusammensetzung der Blasengalle verglichen.

1. Blasengalle:
feste Stoffe . . 7,9%
Wasser . . . 92,1%.

2. Galle in Ruhe vor dem Tetanus:
feste Stoffe . . 1,8%
Wasser . . . 98,2%.

3. Galle im Tetanus:
feste Stoffe . . 1,7%
Wasser . . . 98,3%.

4. Galle in Ruhe nach dem Tetanus, Nr. IX:
feste Stoffe . . 1,4%
Wasser . . . 98,6%.

Die festen Bestandtheile nehmen sonach auch hier mit der Versuchsdauer ab. Sehr auffallend documentirt sich der Unterschied in der Concentration der Blasengalle und der aus der temporären Fistel gesammelten Galle. Erstere ist um mehr als das 4-fache concentrirter als letztere, eine alt gewohnte Beobachtung.

Die Gallenproduction im Verlaufe der 1. Stunde des Versuchs, wenn wir für die nicht gewogene Gallenmenge bei Nr. III die Mittelzahl einsetzen, ist

2,94 Gramm.

Auf 24 Stunden rechnen sich also bei Ruhe und Tetanus:

7,05 Gramm.

1 Kilogramm Leber secernirte Galle in 1 Stunde: 92 Gramm
1 » Kaninchen (Reingewicht = 820): 3,5 »
1 » » in 24 Stunden: . . . 84 »

Halten wir uns nur an die beiden ersten Beobachtungen bei Muskelruhe, so secernirte das Versuchsthier in 24 Stunden 90,48 Gramm feuchte Galle, 1 Kilogramm Kaninchen also in 24 Stunden:

110,3 Gramms feuchte Galle.

Auch bei diesem Versuche stimmt die Zählung der Tropfen mit dem Gewichte derselben sehr scharf überein. Das Mittelgewicht für 10 Tropfen ist:

0,4206 Gramm.

Die Unterschiede fallen in die Fehlergrenzen derartiger Versuche.

---

Damit beschliessen wir die Versuchsvorführung dieses Paragraphen.

Es sei nur noch erwähnt, dass Unregelmässigkeiten in der Gallenausscheidung aus den temporären Fisteln nur nach stärkeren Blutungen beobachtet wurden, welche die Gallenproduction zuerst inconstant machen und dann ganz aufhören lassen.

Durch Einspritzen von Flüssigkeit in das Venensystem konnte, wie schon erwähnt, die nach Blutverlust cessirende Gallenausscheidung wieder angeregt werden, ein Versuch, der in der Folge noch Erwähnung finden soll[1]).

**Resultat:**

**Der veränderten Blutvertheilung durch den Muskeltetanus entspricht eine Veränderung in der Thätigkeit der Leber.**

**Während die mehr arbeitenden Muskeln mehr Blut erhalten, arbeitet die Leber, für welche nun entsprechend weniger Blut disponibel ist, weniger.**

Die Verminderung der Blutmasse in den Eingeweiden durch den Tetanus wirkt ganz in dem Sinne einer allgemeinen Blutverminderung, welche die Gallenproduction vermindert, resp. aufhören macht. (cf. Anhang).

## §. 3.

## Versuche über Harnabsonderung bei Hunden bei Tetanus und Muskelruhe.

Die Harnbestimmungen wurden in analoger Weise angestellt wie die Gallenbestimmungen.

Die Röhre war in den einen der beiden Ureter eingebunden, während der andere an dem Nierenbecken abgeklemmt war.

---

1) Cap. VII. §. 2.

Der Tetanus war constant und auf die unteren Extremitäten beschränkt.

Die folgenden Versuche wurden an zwei Hunden angestellt, von denen der erste 6014 Gramm wog, seine Nieren 20 und 24 Gramm. Der zweite wog 12190 Gramm.

### Gesammt-Versuch I.

Versuchsthier: kleinerer Hund.

Es wurden, wie bei der Galle, die Tropfen gezählt, die aus der Canüle ausflossen.

#### Versuch I.

Tropfenzählung.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. | Ruhe | vor | dem | Tetanus, | 10 | Tropfen | fallen | in: 6′ 30″ |
| II. | Tetanus, . . . . | | | | » | » | » | » **14′ 30″** |
| III. | Ruhe | nach | dem | Tetanus, | » | » | » | » **10′ 15″** |
| IV. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 7′ 5″ |
| V. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 5′ 35″ |
| VI. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 4′ 2″ |
| VII. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 4′ 58″. |

Der Versuch ergiebt ein sehr deutliches Resultat.

Die Harnproduction **sinkt** während des Tetanus und unmittelbar nachher sehr bedeutend, erreicht aber in der weiteren Folge nicht nur die alte Höhe wieder, sondern zeigt sogar eine deutliche **Steigerung.**

#### Versuch II und III.

Tropfenzählung.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. | Ruhe | vor | dem | Tetanus, | 10 | Tropfen | fallen | in: 4′ 27″ |
| II. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 4′ 33″ |
| III. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 4′ 13″ |
| IV. | Tetanus II. . . . | | | | » | » | » | » **4′ 87″** |
| V. | Ruhe | nach | dem | Tetanus, | » | » | » | » **6′ 17″** |
| VI. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 5′ 35″ |
| VII. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 4′ 58″ |
| VIII. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 4′ 35″ |
| IX. | Tetanus III. . . . | | | | » | » | » | » **4′ 35″** |
| X. | Ruhe | nach | dem | Tetanus, | » | » | » | » **7′ 20″** |
| XI. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 5′ 12″ |
| XII. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 4′ 13″ |
| XIII. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 3′ 15″ |
| XIV. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 3′ 2″ |
| XV. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 1′ 38″ |
| XVI. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 3′ 10″ |
| XVII. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » 4′ 10″ |

Die Versuche II und III bestätigen das Resultat des Versuches I vollkommen.

In die Periode der auf das primäre Herabsinken der Harnproduction nach dem Tetanus folgenden Steigerung derselben fallen die neuen Muskelreizungen II und III. Sie bewirken primär eine deutliche Verminderung der Harnausscheidung, die von einer secundären Steigerung gefolgt ist, die in Versuch Nr. III (Beobachtung XV) die grösste Höhe erreicht. Der Versuch ergibt weiter, dass nach der Steigerung die Harnproduction wieder abnimmt, ohne sogleich ihren niedrigen Stand vor dem Tetanus wieder zu erreichen.

Die Operation war an diesem Thiere sehr vollkommen geglückt. Der Tetanus schwächte das Thier nicht merklich.

### Versuch IV.

An dem grösseren Hunde.

Tropfenzählung.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. | Ruhe | vor | dem | Tetanus, | 10 | Tropfen | fallen | in: | 5′ | 15″ |
| II. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » | 5′ | 0″ |
| III. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » | 5′ | 3″ |
| IV. | Tetanus | . | . | . | . | » | » | » | **6′** | **10″** |
| V. | Ruhe | nach | dem | Tetanus | » | » | » | » | **7′** | **45″** |
| VI. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » | **8′** | **8″** |
| VII. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » | 5′ | 47″ |
| VIII. | Ruhe | » | » | » | » | » | » | » | 5′ | 25″. |

Hier wurde nicht weiter beobachtet, so dass die Steigerung nicht mehr zur Erscheinung kommt.

Nach dem Versuche trat eine zuerst unbeachtet gebliebene Wundblutung ein, worauf die Harnsecretion in beiden Nieren vollkommen aufhörte.

Durch Einspritzung von warmer Kochsalzlösung von 1% kam die Nierenabsonderung zurück, der Harn wurde eiweisshaltig.

Das Resultat der Einspritzung der Kochsalzlösung spricht sich in folgenden Tropfenzählungen aus.

### Versuch.

Veränderung der Nierenausscheidung durch Einspritzung von warmer Kochsalzlösung.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. | Einspritzung | von | 100$^{cc}$ | Kochsalzlösung | 3 | hor. | 25′ | 45″ |
| | Tropfen | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | **26′** | **25″** |
| | » | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | — | 45″ |
| | » | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | — | 46″ |
| | » | 4 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | 27′ | 16″ |
| | » | 5 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | — | 28″ |
| | » | 6 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | — | 40″ |
| | » | 7 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | — | 50″ |
| | » | 8 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | 28′ | — |
| | » | 9 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | — | — |
| | » | 10 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | — | — |
| | » | 11 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | — | — |
| | » | 12 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | » | — | — |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tropfen | 13 | 3 hor. | — | — |
| » | 14 | » | — | — |
| » | 15 | » | 29′ | 15″ |
| » | 16 | » | — | 30″ |
| » | 17 | » | — | 45″ |
| » | 18 | » | — | 58″ |
| » | 19 | » | 30′ | 1″ |
| » | 20 | » | — | 15″ |
| » | 21 | » | — | 30″ |
| » | 22 | » | — | 55″ |
| » | 23 | » | 31′ | 12″ |
| » | 24 | » | — | 20″ |
| » | 25 | » | — | 50″ |
| » | 26 | » | — | 51″ |
| » | 27 | » | 32′ | 12″ |
| » | 28 | » | — | 33″ |
| » | 29 | » | — | 54″ |
| » | 30 | » | 33′ | 10″ |
| » | 31 | » | — | 11″ Das Thier macht freiwillige Bewegungen. |
| » | 32 | » | — | 12″ |
| » | 33 | » | — | 30″ |
| » | 34 | » | — | 45″ |
| » | 35 | » | 34′ | 10″ |
| » | 36 | » | — | 30″ |
| » | 37 | » | — | 50″ |
| » | 38 | » | 35′ | 3″ |
| » | 39 | » | — | 45″ |
| » | 40 | » | — | 58″ |
| » | 41 | » | 36′ | 15″ |
| » | 42 | » | — | 30″ |
| » | 43 | » | — | 50″ |
| » | 44 | » | 37′ | 45″ |
| » | 45 | » | 38′ | 44″ |
| » | 46 | » | 39′ | 5″. |

Die Wirkung der Einspritzung macht sich hier schon in der 1. Minute geltend, sie nimmt noch bis zur 3. Minute zu, von hier sinkt sie langsam, so dass sich für mehrere Minuten eine ziemliche Regelmässigkeit der Ausscheidung einstellt, dann erfolgt das weitere Sinken rascher.

Andere Reihen ergaben ein analoges Resultat, die Hauptsteigerung scheint ziemlich regelmässig auf die dritte Minute nach der Einspritzung zu fallen.

Die vorstehende Tabelle kann auch dazu dienen, um die Wirkung der freiwilligen, allgemeinen Muskelbewegung auf die Harnausscheidung zu demonstriren.

Es werden danach durch äusseren Druck der Muskeln auf die Niere und das Nierenbecken einige Tropfen Harn rasch hervorgepresst (Tropfen 30, 31, 32), dann geht die Harnausscheidung regelmässig weiter.

Dasselbe ist bei der Gallenausscheidung der Fall, auch hier wird durch Pressung auf die Leber mehr Galle ausgedrückt. Stets muss also eine solche vermieden werden, um das Resultat der Verminderung der Drüsenthätigkeit durch den Tetanus demonstriren zu können. Das ist einer der Gründe, warum die Gedärme nicht in den Bauch zurückgebracht werden dürfen, warum es unstatthaft ist, die Bauchdecken nach Anlegung der temporären Fistel wieder zu verschliessen.

Deutlich drückt bei Kaninchen das Schreien momentan mehr Galle aus, durch Herabdrücken des Zwerchfells.

Selbstverständlich darf die Leber nicht selbst von der electrischen Reizung getroffen werden (Pflüger).

Während der Muskelthätigkeit steigt in der Nierenarterie der Kaninchen der Blutdruck.

## Resultat.

**Analog der Leberthätigkeit verhält sich die Nierenthätigkeit unter dem Einfluss des Muskeltetanus.**

Auch hier ist die nächste Folge der gesteigerten Blutzufuhr zu den Muskeln und dadurch Verminderung der Blutmenge in den Eingeweiden, eine **Herabsetzung der Drüsenthätigkeit,** die sich hier aber nach Sistiren der Muskelcontraction nicht allein wieder zu ihrer vorigen Höhe erhebt, sondern eine nicht unbedeutende **Steigerung** zurück lässt.

Die locale Verminderung der Blutmenge in den Eingeweiden bei Muskeltetanus wirkt auch auf die Niere wie auf die Leber primär einem allgemeinen Blutverluste gleich, auch dieser vermindert, resp. sistirt die Harnausscheidung.

Das **Gesammtresultat** dieses Capitels kann danach formulirt werden:

**Eine gesteigerte Thätigkeit der Muskeln setzt den Stoffumsatz in dem Drüsenapparat herab.**

**Damit ist der nach den Ergebnissen der Bestimmung der Blutvertheilung bei Ruhe und Tetanus postulirte**

**Thätigkeitswechsel der Organe**

**direct bewiesen.**

---

Die noch folgenden Untersuchungen des II. Abschnitts sind der Functionirung besonders wichtiger Organe bei Muskelruhe gewidmet und ihrem Antheil an dem Gesammtstoffwechsel.

Da wir nun die Veränderungen, die während der Muskelthätigkeit im Stoffwechsel der Organe eintreten, näher kennen gelernt haben, so werden auch sie uns zur Erweiterung unserer Anschauungen in der angeregten Richtung beitragen.

# Capitel VI.

## Die Betheiligung der Drüsen und des ruhenden Bewegungsapparates an der Kohlensäureproduction (Respiration) der Frösche.

Vom **Verfasser** und Dr. **L. Puille.**

### §. 1.
### Methode.

Wir können unsere Behauptung, dass sich die Organe je nach ihrem Blutreichthum am Gesammtstoffwechsel betheiligen, weiter prüfen, indem wir ihren Einfluss auf die Stoffwechselgrösse zum directen Gegenstand unserer Untersuchung machen.

Es scheint möglich zu sein, den Antheil, welchen die einzelnen Organe an dem Gesammtstoffwechsel nehmen, durch Ausschluss dieser Organe aus dem lebenden Körper zu bestimmen.

Hat man zuerst, bei sonst gleichen Bedingungen, die Grösse des Stoffwechsels festgestellt am Gesammtthier, schliesst dann durch Operation ein bestimmtes Organ vollkommen aus und beobachtet nun wieder die Grösse der Stoffausscheidung, so kann man aus der eintretenden Verminderung desselben auf die grössere oder geringere Betheiligung des betreffenden Organs an dem allgemeinen Stoffumsatz rechnen.

Um diesen Versuchsplan zu realisiren, hätte man die Leber auszuschneiden oder einen grösseren oder geringeren Theil des Bewegungsapparates durch Operation zu entfernen und vor und nach der Operation die Ausscheidungen des Organismus zu bestimmen. Man würde daraus den Antheil finden, mit welchem sich ein bestimmtes Gewicht der Leber oder des Bewegungsapparates an der Production der Gesammtausscheidungsproducte des Organismus betheiligt.

Diese Versuche haben zunächst eine Aussicht auf Erfolg nur bei Kaltblütern, Fröschen, welche auf derartige operative Eingriffe wenig durch Veränderung ihres Allgemeinbefindens reagiren.

Es wurden an Fröschen einige derartige Versuche angestellt, um Etwas über die Betheiligung des Bewegungsapparates und des Drüsenapparates an dem Gesammtstoffwechsel zu erfahren.

Zu diesem Zwecke wurde die Kohlensäureabgabe der Frösche vor und nach der Operation bestimmt, da wir die Kohlensäureproduction ebenso wie die Harnstoffausscheidung als Mass des Stoffwechsels betrachten dürfen.

Die Kohlensäurebestimmung wurde mit einem kleinen **Respirationsapparat** ausgeführt, der sie auf die einfachste Weise vollkommen exact gestattete.

Das Princip ist folgendes. Mit einer kleinen doppelten PETTENKOFER'schen Quecksilberpumpe mit Quecksilberventilen, die durch einen Hebel mit der Hand in Bewegung gesetzt wurde, wurde die Luft durch den sonst nur aus Glas und Kautschuk gebauten luftdicht schliessenden Apparat gesaugt.

Der Unterstützungspunkt des Hebels war in seiner Mitte, an beiden Enden waren die Glascylinder (Pumpen) aufgehängt, soweit beschwert, dass sie durch ihre eigene Schwere wieder in das Verschlussquecksilber zurücksanken, in dem sie sich durch Heben oder Niederdrücken des Hebels gehoben hatten. Da der Hebel nur eine beschränkte Beweglichkeit besass, so konnte die Hubhöhe der Einzelpumpen durch Verkürzung oder Verlängerung ihrer Aufhängung an drei Hebelarmen sehr einfach und vollkommen genau regulirt werden. Die Hebelbewegung wurde in gleichmässigem Tempo ausgeführt.

Die in den Apparat eingesaugte Luft wurde durch Schwefelsäure und Kali zuerst von ihrem Wasser und ihrer Kohlensäure befreit.

Die von den Versuchsthieren producirte Kohlensäure wurde entweder in Barytwasser oder in Kali aufgefangen.

Es wurde auch das abgegebene Wasser bestimmt. Da die Luft den Thieren trocken zukam, so wurde in ihren Athemraum ein tarirtes Wassergefäss gestellt, das nach dem Versuch nachgewogen wurde. Es wurde auf diese Weise eine messbare Wassermenge der getrockneten Luft ertheilt.

Das Charakteristische an dem kleinen Apparate ist die Einrichtung des Athemraumes.

Dieser bestand aus zwei auseinandernehmbaren Theilen, deren Volumen genau bestimmt war: zwei Glasglocken durch eine weite Glasröhre mit einander verbunden.

Ehe der Versuch selbst begann, wurde zu dem Vorversuche der ganze Apparat zusammengestellt mit Ausnahme des Theils des Athemraumes, in welchen die Versuchsthiere kommen sollten. Nun wurde ausgepumpt und auf diese Weise der Kohlensäure- und Wassergehalt der Luft bestimmt in dem Volum, welcher in dem abnehmbaren Theile des Athemraumes sich befand.

Nach dieser Bestimmung wurden in den anderen Theil des Athemraumes die Frösche gebracht, beide Theile desselben verbunden, nachdem der ausgepumpte Theil mit frischer Luft gefüllt war. Der primäre Gehalt der Luft im ganzen Athemraume an Kohlensäure und Wasser konnte nun aus dem bekannten Volum gerechnet werden, von dem nur noch das Volum der Frösche abgezogen werden musste, das sich aus ihrem absoluten und specifischen Gewichte einfach ergab.

Analog wurde nach Beendigung des Hauptversuchs ein Nachversuch angestellt. Der Theil des Athemraums mit den Fröschen wurde ausgeschaltet und nun die in dem zweiten Theile des Athemraumes befindliche Luft auf ihren

Gehalt an Kohlensäure und Wasser geprüft und davon auf die Luft des ganzen Athemraums gerechnet.

Dadurch erhalten diese Versuche eine vollkommene Genauigkeit, ohne dass das ein- und ausströmende Luftquantum gemessen werden musste, wie bei den v. Pettenkofer'schen Apparaten.

Es ist möglich mit diesem einfachen Apparate nach der v. Pettenkofer'schen Methode Bestimmungen über die Sauerstoffaufnahme der Thiere zu machen.

Die folgenden Versuche beschränken sich auf Kohlensäurebestimmungen.

Die Gewichtsdifferenzen der Frösche, aus welchen man nach v. Pettenkofer auf die Sauerstoffaufnahme zu schliessen hat, müssen bei den kleinen Werthen, um die es sich handelt, auf einer feinen chemischen Wage bestimmt werden, was wegen des relativ grossen hier in Frage kommenden Gewichtes der Frösche mit ihrem Behälter der Natur der Sache nach nicht angeht.

Um einen Einblick in die Genauigkeit der Versuche und ihre Fehlergrenzen zu gewähren, sollen zuerst zwei Controlversuche mitgetheilt werden, eine Kohlensäure- und eine Wasserbestimmung.

Sie bedürfen keiner weiteren Erklärung.

Die Kohlensäure wurde aus trockenem, wasserfreiem, kohlensaurem Natron im Apparate in gebräuchlicher Weise nach Fresenius entwickelt.

### Controlversuche mit dem Athemapparat.

#### I.

#### Kohlensäurebestimmung.

Verwendet: 0,3833 Gramm trockenes, wasserfreies, kohlensaueres Natron mit 41,5% $CO_2$ berechnet:

0,1591 Gramm $CO_2$.

I. Nach 5 Minuten Auspumpen waren erhalten:

0,1527 Gramm $CO_2$ =

39,81%

Differenz — 1,7%.

Nach 5 Minuten ist sonach noch nicht alle Kohlensäure erhalten.

II. Nach 10 Minuten Pumpen waren erhalten weiter:

0,0080 Gramm $CO_2$

+ 0,1527 » » =

41,7% bestimmt!

III. Nach weiteren 5 Minuten Zunahme an Kohlensäure:

+ 0,0127 — 0,0127 = 0.

IV. Nach weiteren 5 Minuten Zunahme an Kohlensäure:

+ 0,0100 — 0,0100 = 0.

Der Versuch ergibt, dass nach 10 Minuten aus dem Apparate 15 Centi-

ramme Kohlensäure vollkommen ausgepumpt sind, und dass die Bestimmung mit der Berechnung eine Differenz von:

$$+ 0{,}2\% = 0$$

rgibt.

Nr. III und IV ergaben, dass der Apparat absolut dicht ist.

## II.

## Wasserbestimmung.

### 1. Wasserbestimmung.

| | | |
|---|---|---|
| **Das Wassergefäss wog** | | |
| vor dem Versuch . . . . . | 40,1800 | |
| nach dem Versuch . . . . . | 40,1335 | |
| Wasser verdunstet . . . . . | 0,0465 | Gramm. |
| **Davon wurden aufgefangen** | | |
| in Schwefelsäureapparat Nr. 1 . | 0,0461 | |
| in Schwefelsäureapparat Nr. 2 . | 0,0005 | |
| Wasserbestimmung . . . . . | 0,0466 | Gramm. |

Differenz: **0,0001** Gramm = 0!

### 2. Wasserbestimmung.

| | | |
|---|---|---|
| **Das Wassergefäss wog** | | |
| vor dem Versuch . . . . . | 40,1335 | |
| nach dem Versuch . . . . . | 40,0905 | |
| Wasser verdunstet . . . . . | 0,0430 | Gramm. |
| **Davon wurden aufgefangen** | | |
| in Schwefelsäureapparat Nr. I . | 0,0432 | |
| in Schwefelsäureapparat Nr. II . | 0,0000 | |
| Wasserbestimmung . . . . . | 0,0432 | Gramm. |

Differenz: **0,0002** Gramm = 0!

---

Die vorstehenden Versuche erweisen die vollkommene Brauchbarkeit der eingeschlagenen Methode zu sehr feinen Bestimmungen. Die mit ihrer Hülfe gewonnenen Resultate verdienen unser volles Zutrauen.

Im Folgenden stehen drei vollkommen gelungene Beobachtungen, bei welchen die Versuchsthiere durch die Operation in ihrem äusserlichen Befinden keine erkennbare Veränderung zeigten. Bei Versuch Nr. III erschienen sie nach der Operation sogar lebhafter als vorher, was den Muskelstoffwechsel erhöhte.

## §. 2.

## Versuche.

### Respirationsversuch Nr. I.

1.

Versuchsthiere: 2 Froschmännchen.
Versuchsdauer 1 hor. 0′.
Gewicht vor dem Versuch: 97,87.

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche mit Beinen:
in 1 hor. = 0,0555 Gramm Kohlensäure.

2.

Versuchsthiere: die gleichen 2 Froschmännchen ohne Hinterbeine.
Versuchsdauer 1 hor. 0′.

Gewicht vor dem Versuch . . . . 67,70 Gramm
Die abgeschnittenen Beine wogen . . 33,07 »

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche ohne Beine:
in 1 hor. = 0,0444 Gramm Kohlensäure.

Den abgeschnittenen 33,07 Gramm vom Froschbewegungsapparat entsprechend wurden in dem 2. Theil des Versuchs weniger ausgeschieden:

1. Versuchsstunde 0,0555 Gramm
2. Versuchsstunde 0,0444 »
Differenz = — 0,0111 Gramm Kohlensäure.

33,07 Gramm Bewegungsapparat des Frosches betheiligen sich sonach an der Kohlensäureausscheidung des Gesammtthieres in 1 Stunde mit:

**0,0111** Gramm.

Der gesammte Drüsenapparat der beiden Frösche wog:
9,8 Gramm
= 10% des Körpergewichts.

Der gesammte Bewegungsapparat wog:
88,07 Gramm
= 90% des Körpergewichts.

Da nun 33,07 Gramm Bewegungsapparat sich mit 0,0111 Gramm Kohlensäure an der Gesammtausscheidung betheiligten, so lässt sich die Gesammtbetheiligung des ganzen Bewegungsapparates in 1 Stunde danach berechnen:

33,07 : 0,0111 = 88,07 : X
X = **0,0296** Gramm Kohlensäure.

| | |
|---|---|
| Die Gesammtfrösche lieferten in 1 Stunde | 0,0555 Gramm |
| Der Bewegungsapparat derselben » » » | 0,0296 » |
| Es bleibt für den Drüsenapparat . . . . | 0,0259 Gramm. |

Setzen wir die Gesammtkohlensäureproduction in 1 Stunde = 100, so lieferte

| | |
|---|---|
| der Bewegungsapparat | 53,3% |
| der Drüsenapparat . . | 46,7% |
| Summa | 100,0. |

---

## Respirationsversuch Nr. II.

### 1.

Versuchsthiere: 2 Froschmännchen.
Versuchsdauer: 1 hor. 0′.
Gewicht vor dem Versuch: 75,44 Gramm.

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche mit Beinen:
in 1 hor. = 0,0153 Gramm Kohlensäure.

### 2.

Versuchsthier: die 2 gleichen Froschmännchen ohne Hinterbeine.
Versuchsdauer: 1 hor. 0′.

| | |
|---|---|
| Gewicht vor dem Versuch . . | 49,44 Gramm |
| Die Beine wogen . . . . . | 26,00 » |

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche ohne Beine:
in 1 hor. = 0,0121 Gramm Kohlensäure.

Den abgeschnittenen 26 Gramm vom Bewegungsapparat entsprechend wurde in dem 2. Theile des Versuchs weniger ausgeschieden:

| | |
|---|---|
| 1. Versuchsstunde | 0,0153 Gramm |
| 2. Versuchsstunde | 0,0121 » |
| Differenz = — | 0,0032 Gramm Kohlensäure. |

26 Gramm Bewegungsapparat betheiligten sich sonach an der Kohlensäureausscheidung des Gesammtthieres in 1 Stunde mit:

**0,0032** Gramm.

Der gesammte Drüsenapparat der beiden Frösche wog:
11,41 Gramm
= 15,0% des Körpergewichts.

Der gesammte Bewegungsapparat wog:
64,03 Gramm
= 85,0% des Körpergewichts.

$$26 : 0{,}0032 = 64{,}03 : X$$
$$X = 0{,}0085 \text{ Gramm Kohlensäure.}$$

| | |
|---|---|
| Die Gesammtfrösche lieferten in 1 Stunde | 0,0153 Gramm. |
| Der Bewegungsapparat derselben . . . | 0,0085 » |
| Es bleibt für den Drüsenapparat . . . | 0,0068 Gramm. |

Setzen wir die Gesammtkohlensäureproduction in 1 Stunde = 100, so lieferte

| | |
|---|---|
| der Bewegungsapparat | 55,55% |
| der Drüsenapparat . . | 44,45% |
| Summa | 100,00. |

## Respirationsversuch Nr. 3.

Kohlensäurebestimmung mit Barytwasser.

1.

Versuchsthiere: 2 Froschmännchen.
Versuchsdauer: 1 hor. 0′.
Gewicht vor dem Versuch: 84,4 Gramm.

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche mit Beinen in 1 hor. = 0,0260 Gramm Kohlensäure.

2.

Versuchsthiere: die 2 gleichen Frösche nach Verlust von je 1 Hinterbein.
Versuchsdauer: 1 hor. 0′.

| | |
|---|---|
| Gewicht vor dem Versuch . . . | 64,1 Gramm |
| Die abgeschnittenen Beine wogen . | 17,3 » |

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche ohne Beine: in 1 hor. = 0,0220 Gramm Kohlensäure.

Den abgeschnittenen 17,3 Gramm des Bewegungsapparates entsprechend wurden in dem 2. Theil des Versuchs weniger ausgeschieden:

| | |
|---|---|
| 1. Versuchsstunde | 0,0260 Gramm |
| 2. Versuchsstunde | 0,0220 » |
| Differenz — | 0,0040 Gramm Kohlensäure. |

17,3 Gramm vom Bewegungsapparat betheiligten sich sonach an der Gesammtrespiration in 1 Stunde mit:

**0,0040** Gramm.

Der gesammte Drüsenapparat der beiden Frösche wog:

7,2 Gramm
= 8,8% des Körpergewichts.

Der gesammte Bewegungsapparat wog:

74,2 Gramm
= 91,2% des Körpergewichts.

17,3 : 0,004 = 74,2 : X
X = **0,0170** Gramm Kohlensäure.

| | |
|---|---|
| Die Gesammtfrösche lieferten in 1 Stunde | 0,0260 Gramm |
| Die Bewegungsapparate derselben . . | 0,0170 » |
| Es bleibt für den Drüsenapparat . . . | 0,0090 Gramm. |

Setzen wir die Gesammtkohlensäureproduction in 1 Stunde = 100, so lieferte:

| | |
|---|---|
| der Bewegungsapparat | 65,0% |
| der Drüsenapparat . . | 35,0% |
| Summa | 100,00. |

Zur leichteren Uebersicht stellen wir die Hauptresultate der Versuche in folgender Tabelle neben einander.

Tabelle XIX.

**Ueber die Betheiligung des Bewegungsapparates an der Respiration der Frösche.**

| Versuchs-Nummer. | Bewegungsapparat in | | Drüsenapparat in | | Kohlensäureausscheidung des: Bewegungsapparats in | | Drüsenapparats in | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Grammen. | Procenten des Körpergewichts. | Grammen. | Procenten des Körpergewichts. | Grammen. | Procenten der Gesammt-$CO_2$-Ausscheidung. | Grammen. | Procenten der Gesammt-$CO_2$-Ausscheidung. |
| 1. | 88,07 | 90,0% | 9,80 | 10,0% | 0,0296 | 53,3% | 0,0296 | 46,7% |
| 2. | 64,03 | 85,0% | 11,41 | 15,0% | 0,0085 | 55,55% | 0,0068 | 44,45% |
| 3. | 74,2 | 91,2% | 7,2 | 8,8% | 0,0170 | 65,0% | 0,0090 | 35,0% |
| Im Mittel: | | 89,0% | | 11,0% | | 60,0% | | 40,0% |

Das Resultat entspricht im Allgemeinen unseren Erwartungen.

Der **Drüsenapparat der Frösche**, welcher nur

11% des Körpergewichts

beträgt, betheiligt sich an dem Gesammtstoffwechsel, gemessen an der Kohlensäureausscheidung, im Mittel aus unseren Beobachtungen, mit

40%!

also fast 4mal (3,64mal) stärker, als sich nach seinem Gewichte erwarten liesse.

Der **Bewegungsapparat**, welcher

89% des Körpergewichts

ausmacht, betheiligt sich an der Kohlensäureausscheidung dagegen nur mit

60%,

also mit weniger, als sich aus seinem absoluten Gewichte hätte erwarten lassen. Setzen wir letzteres = 1, so beträgt seine Betheiligung an der Respiration nur

0,674 etwa $^2/_3$!

der daraus erwarteten.

Setzen wir die Betheiligung des Bewegungsapparates an der Kohlensäureausscheidung im Verhältniss zu seinem Körpergewicht (= 0,674) = 1, so verhält sich die Betheiligung des Drüsenapparates an derselben Function im Verhältnisse zu ihrem Gewichte (= 3,64) wie

1 : 5,4,

d. h. der **Drüsenapparat** der Frösche betheiligt sich **5,4** Mal stärker an der Kohlensäureproduction = Stoffwechsel, als der **Bewegungsapparat.**

Dieses Resultat stimmt mit den Beobachtungen über den Blutgehalt der verschiedenen Organsysteme gut überein.

Nach den Bestimmungen des Capitel III. §. 2. vertheilt sich die Blutmenge bei geruhten Fröschen im Körper in der Art, dass 31% derselben im Bewegungsapparat, also 69% im Drüsen- und Blutleitungsapparate sich befinden.

Bei Kaninchen hatten wir $^1/_4$ der Blutmenge für die grossen Blutgefässe, für den Blutleitungsapparat abzurechnen, als sich nicht direct an dem Stoffwechsel betheiligend, bei Fröschen ist diese Blutmenge im Verhältniss ziemlich viel bedeutender, wie sich schon aus der Vergleichung der Blutmenge des diastolischen Herzens bei Fröschen und Kaninchen ergibt (Cap. III. §. 5. IV.) Das Froschherz allein enthält bis zu 17,2% der Gesammtblutmenge. Wir haben sonach wenigstens $^1/_3$ der Gesammtblutmenge bei Fröschen als am Stoffwechsel der Organe momentan nicht betheiligt abzurechnen.

Es würde sich dann das Blut etwa zu halb und halb in die Drüsen und den Bewegungsapparat theilen, und wir sehen in Wahrheit in Versuch 1 und 2 vorstehender Tabelle diese beiden Hauptorgangruppen sich etwa in gleichem Maasse an dem Stoffwechsel betheiligen.

So gewähren uns diese Versuche eine gewünschte Bestätigung unserer Voraussetzung, dass der absolute Blutgehalt ein Maass für den Organstoffwechsel sei.

Die directen Resultate sind folgende:

### Resultate.

An der Kohlensäure-Respirationsausscheidung = Stoffwechsel der **ruhenden** Frösche betheiligt sich nach den vorstehenden Bestimmungen der **Bewegungsapparat** im Minimum mit **53,3%**, im Maximum mit **65,0%**, der **Drüsenapparat** im Minimum mit **35,0%**, im Maximum mit **46,7%**.

Bei **ruhenden** Fröschen vertheilt sich also der Stoffwechsel auf Drüsen und Blutleitungsapparate etwa **zu halb und halb**, obwohl der Drüsenapparat nur **11%**, der Bewegungsapparat dagegen **89%** des Gesammtkörpergewichts ausmacht.

Bei Tetanus der Muskeln wird sich das Verhältniss der Betheiligung unseren Erfahrungen entsprechend ändern.

Bei Säugethieren ist das Verhältniss der Betheiligung nach unseren bisherigen Resultaten ein wesentlich anderes.

# Capitel VII.

## Ueber das Verhältniss der einzelnen Organstoffwechsel zu dem Gesammtstoffwechsel bei Säugethieren und Menschen.

### §. 1.

**Gewichtsverhältnisse der wichtigsten Körperorgane bei Kaninchen im Vergleich mit dem Menschen.**

Die Beobachtungen des letztvorausgehenden Capitels haben uns einen Einblick in die Verhältnisse der Einzelstoffwechsel der zwei wichtigsten Organgruppen zum Gesammtstoffwechsel verschafft.

Die Versuche beschränkten sich auf ruhende Frösche.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass, wenn nicht im Einzelnen, so doch im Principe, das Versuchsresultat übertragen werden darf auf die analogen Verhältnisse bei Säugethieren. Es wurde ein für allemal durch die vorausgehenden und diese letzten Beobachtungen erwiesen, dass der Organstoffwechsel in den Drüsen ein weit lebhafterer als in dem Bewegungsapparate ist, und dass sich erstere in einem weit höheren Verhältnisse an dem Gesammtstoffwechsel betheiligen, als ihrem Organgewichte entsprechen würde.

Im Einzelnen stellen sich die Verhältnisse bei Säugethieren aber offenbar doch wesentlich anders als bei Fröschen.

Die Menge des gleichzeitig im Blutleitungsapparate enthaltenen und damit dem Organstoffwechsel entzogenen Blutantheils ist bei den Säugethieren nach unseren Bestimmungen viel kleiner als bei Fröschen, er beträgt nur $^1/_4$ der Gesammtblutmenge, während wir beim Frosch ein ganzes $^1/_3$ dafür annehmen müssten.

Beim Frosch theilt sich die restirende Blutmenge dann zur Hälfte in den gesammten Drüsenapparat, während im ruhenden Kaninchen die ausserhalb des Blutleitungsapparates befindliche Blutmenge $= {}^3/_4$ der Gesammtblutmenge sich zu je $^1/_3$ in die Leber, die Muskeln und in die übrigen Organe vertheilt.

Bei den Fröschen sehen wir der Blutvertheilung entsprechend den Stoffwechsel der Hauptorgangruppen sich am Gesammtstoffwechsel (resp. an der Kohlensäureproduction) betheiligen. Diesem Resultate entsprechend setzt sich, nach den obigen Angaben (Cap. III. §. 6), der Gesammtstoffwechsel bei ruhenden

Kaninchen zu drei etwa gleichen Theilen aus dem Stoffwechsel der Leber, der Muskeln und der übrigen Organe zusammen.

Der Gesammtstoffwechsel wird sonach bei den Säugethieren noch viel wesentlicher von dem Leberstoffwechsel und dem Stoffwechsel der übrigen Drüsen beeinflusst als bei Fröschen.

Das verschiedene Verhältniss der Organgewichte zu einander bei verschiedenen Thierarten ist nach unseren neueren Erfahrungen nur bei ruhenden Thieren ein directes Maass für die Beurtheilung der Componenten des Gesammtstoffumsatzes. Ehe man sich eine nähere Vorstellung von der Grösse des Stoffwechselvorganges in den verschiedenen Organen machen konnte, war eine Vergleichung der Organgewichte in dieser Richtung nur in oberflächlicher Weise zu verwerthen.

Nun bekommen die vergleichenden Organwägungen bei derselben Species, vor allem bei dem Menschen einen neuen, erhöhten Werth. Verschiedene Zustände des anomalen Organismus, z. B. Jugend und erwachsenes Alter, differiren sehr wesentlich in dem Verhältniss des Drüsenapparates zu dem Bewegungsapparate, wir werden diesen Unterschieden entsprechend auch Differenzen in dem Gesammtstoffwechsel erwarten dürfen, über die wir nach unseren Resultaten schon im Voraus ganz bestimmte Anschauung haben.

Mit einer Zunahme des Drüsenapparates im Verhältnisse zum Bewegungsapparate muss der Gesammtstoffwechsel ansteigen, mit einer Zunahme des Bewegungsapparates im Verhältniss zum Drüsenapparate muss, sonst gleiche Bedingungen wie oben vorausgesetzt, der Gesammtstoffwechsel abnehmen.

Es sind schon zahlreiche Wägungen der Einzelorgane vorgenommen worden, die, wie die ofterwähnten von Bidder und Schmidt, sehr wichtige Resultate ergeben haben. Hier sollen zunächst nur die von uns gemachten Bestimmungen zusammengestellt werden, da sie zur Demonstration der uns zunächst interessirenden Verhältnisse ziemlich ausreichen. Die Beobachtungen am Menschen entnehmen wir anderen Autoren, da uns nicht genügend eigene zu Gebote stehen.

Unsere Hauptuntersuchungen wurden auch hier wie oben an Kaninchen angestellt, sie sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle XX.

**Ueber das Gewichtsverhältniss des Drüsenapparates zum Bewegungsapparate bei Kaninchen.**

| Beobachtungs-Nummer. | Reingewicht in Grammen. | Drüsenapparat in Grammen. | Bewegungsapparat in Grammen. | Drüsenapparat in | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Procenten des Reingewichts. | Verhältniss zum Bewegungsapparat. |
| 1. | 221,5 | 54,6 | 166,9 | 24,6% | 1 : 3,0 |
| 2. | 288 | 35 | 203 | 29,5% | 1 : 2,4 |
| 3. | 418 | 115 | 303 | 27,5% | 1 : 2,6 |
| 4. | 468 | 133 | 335 | 28,4% | 1 : 2,5 |

| Beobachtungs-Nummer. | Reingewicht in Grammen. | Drüsenapparat in Grammen. | Bewegungsapparat in Grammen. | Drüsenapparat in Procenten des Reingewichts. | Drüsenapparat in Verhältniss zum Bewegungsapparat. |
|---|---|---|---|---|---|
| 5. | 610 | 143 | 467 | 23,9% | 1 : 3,2 |
| 6. | 626 | 141 | 485 | 22,5% | 1 : 3,4 |
| 7. | 629 | 143 | 489 | 22,2% | 1 : 3,5 |
| 8. | 655 | 141 | 514 | 21,5% | 1 : 3,6 |
| 9. | 1023 | 187 | 836 | 18,2% | 1 : 4,5 |
| 10. | 1093 | 207 | 886 | 18,9% | 1 : 4,3 |
| 11. | 1234 | 181 | 1053 | 14,6% | 1 : 5,8 |
| 12. | 1244 | 179 | 1065 | 14,4% | 1 : 5,9 |
| 13. | 1422 | 160 | 1262 | 11,2% | 1 : 9,0 |
| 14. | 1463 | 198 | 1265 | 13,5% | 1 : 6,4 |
| 15. | 1742 | 199 | 1543 | 12,0% | 1 : 8,3 |
| **Im Mittel:** | | | | **21,3%** | **1 : 4** |

Im Mittel verhält sich also der Drüsenapparat bei männlichen und nicht trächtigen weiblichen Kaninchen nach obiger Tabelle wie

**1 : 4.**

Davon weichen die Minimal- und Maximalbesttimmungen sehr bedeutend ab.

Im Maximum verhält sich der Drüsenapparat zum Bewegungsapparat wie . . . . . 1 : 2,4.

Im Minimum verhält sich der Drüsenapparat zum Bewegungsapparat wie . . . . . 1 : 9,0.

Der Gang der Tabelle ist dabei sehr characteristisch.

Wir sehen mit dem steigenden Körpergewicht (= Alter) das Verhältniss des Drüsenapparates zum Bewegungsapparate zu Gunsten des letzteren sich ändern, von dem oben angeführten Minimum zum Maximum also von 1 : 2,4 bis 1 : 9,0.

Mit dem steigenden Körpergewicht nimmt also das relative Gewicht der Eingeweide ab, das relative Gewicht der Bewegungsorgane stetig zu.

Das absolute Gewicht der Eingeweide steigt hier von den niedersten Körpergewichten an bis zu einem mittleren Reingewicht von etwa 1000 Gramm, dann bleibt es constant.

Das absolute Gewicht der Bewegungsorgane steigt dagegen fortwährend. Von einem mittleren Reingewicht der Kaninchen von etwa 1000 Gramm an ist also die Gewichtsvermehrung, abgesehen vom Fettansatz, allein Folge der Zunahme der Bewegungsorgane.

Die ungemeine Regelmässigkeit der Verhältnisse, welche in der vorstehenden Tabelle enthalten sind, wird noch auffallender, wenn man die Versuche nach dem Mittelgewichte der Thiere in natürliche Gruppen zusammenstellt, wie es schon früher von uns mehrmals geschehen ist.

## Hülfstabelle zu Tabelle XIX.

| | Verhältniss der Eingeweide zu den Bewegungsorganen bei Kaninchen. |
|---|---|
| Bei einem mittleren Gewicht von 200—500 Gramm . . | 1 : 2,6 |
| Bei einem mittleren Gewicht von 600 Gramm . . . . | 1 : 3,1 |
| Bei einem mittleren Gewicht von 1000 Gramm . . . . | 1 : 4,1 |
| Bei einem mittleren Gewicht ven 1200 Gramm . . . | 1 : 5,8 |
| Bei einem mittleren Gewicht von 1400—1700 Gramm . | 1 : 7,9 |

Das Maximum des relativen Drüsengewichtes verhält sich zum Minimum, letzteres = 1 gesetzt, wie

**1 : 2,7.**

Da das Maximum auf das Jugendalter, das Minimum auf das ausgewachsene Alter der Thiere trifft, so heisst das:

In der Jugend betheiligt sich bei ruhenden Kaninchen der Drüsenapparat fast um das 3fache (2,7fache) stärker an dem Gesammtstoffwechsel als in dem ausgewachsenen Alter. Die Betheiligung des Drüsenapparates am Stoffwechsel nimmt mit dem zunehmenden Körpergewicht und Alter ab. Die Betheiligung des Bewegungsapparates am Gesammtstoffwechsel nimmt bei diesen Thieren mit dem steigenden Körpergewicht und Alter stetig zu.

Daraus müssen wir mit aller Bestimmtheit annehmen, dass vom Jugendzustande zum erwachsenen Alter der Stoffwechsel im Verhältniss zum Körpergewicht in einem beständigen relativen Sinken begriffen ist.

Dieser Satz gilt zunächst nach unseren Resultaten nur für das Kaninchen.

Es sind aber genügende Beobachtungen vorhanden, welche ein ganz analoges Verhalten des Drüsenapparates zum Bewegungsapparate, das wir für Kaninchen gefunden, auch für den Menschen nachweisen.

Nach den Bestimmungen von E. Bischoff beträgt der Drüsenapparat bei dem neugeborenen Menschen 14,5% des Gesammtkörpergewichts, bei dem erwachsenen Menschen dagegen um 8,9%, d. h.

| | Verhältniss der Eingeweide zum Bewegungsapparat beim Menschen. |
|---|---|
| Beim Neugeborenen wie . . . . . | 1 : 5,7 |
| Beim Erwachsenen wie . . . . . | 1 : 10,1. |

Also auch bei dem Menschen betheiligt sich in der Jugend der Drüsenapparat relativ etwa um das Doppelte stärker an dem Gesammtstoffwechsel als im erwachsenen Alter, sodass demnach auch hier ein Sinken der relativen Stoffwechselgrösse mit dem zunehmenden Alter zu erwarten steht.

Oben haben wir, Cap. I. §. 2. und §. 3, gesehen, dass dasselbe sich aus der gleichzeitig aufgenommenen Nahrungsmenge (§. 2.) und aus der grösseren Blutmenge junger Thiere ergibt (§. 3.).

Es liegen aber auch directe Stoffwechselbeobachtungen in diesem Sinne vor.

## §. 2.

## Die Harnstoffausscheidung bei Kindern und Erwachsenen.

Es wurde bis jetzt eine grosse Anzahl von Harnanalysen bei gesunden, erwachsenen Menschen angestellt. Die Zahl der Beobachtungen in dieser Richtung bei Kindern ist aber eine ziemlich beschränkte.

Um auf eigene Beobachtung eine Vergleichung zwischen der Quantität der im Harn den menschlichen Organismus verlassenden Stoffwechselproducte im erwachsenen und im jugendlichen Alter anstellen zu können, wurde mit aller Sorgfalt bei einem gesunden Mädchen im Alter von 3 Jahren und 2 Monaten der Harn in viermal 24 Stunden gesammelt und untersucht bei der gewöhnlichen Nahrungsaufnahme der höheren Stände.

Das Körpergewicht des Kindes betrug zur Zeit der Versuche **13,720** Kilogramm, nackt gewogen.

Im Folgenden sollen die Versuchsergebnisse zusammengestellt werden.

Die Untersuchungsmethoden waren die gebräuchlichen, die in »Tetanus« S. 234—326, elftes und zwölftes Kapitel, nachzusehen sind.

### [Harnuntersuchungen]

bei einem gesunden Mädchen im Alter von 3 Jahren und 2 Monaten, Körpergewicht = 13,720 Kilogramm.

Versuch Nr. I.
den 3. bis 4. April 1870.

| | |
|---|---|
| Vierundzwanzigstündige Harnmenge | 728cc. |
| Reaction: schwach sauer. | |
| Specifisches Gewicht . . . . . | 1018 |
| Der Harn enthielt: | |
| Harnstoff . . . . . | 12,89 Gramm. |
| Harnsäure . . . . . | 0,470 » |
| Chlornatrium . . . . . | 7,00 » |
| Phosphorsäure . . . . . | 0,51 » |

Versuch Nr. II.
den 4. bis 5. April.

| | |
|---|---|
| Vierundzwanzigstündige Harnmenge | 662cc. |
| Reaction: sauer. | |
| Specifisches Gewicht . . . . . | 1007,5 |
| Der Harn enthielt: | |
| Harnstoff . . . . . | 12,91 Gramm. |
| Harnsäure . . . . . | 0,464 » |
| Chlornatrium . . . . . | 6,62 » |
| Phosphorsäure . . . . . | 0,43 » |

Versuch Nr. III.
den 5. bis 6. April.

| | |
|---|---|
| Vierundzwanzigstündige Harnmenge | 600cc. |
| Reaction: neutral. | |
| Specifisches Gewicht .. . . . | 1016 |
| Der Harn enthielt: | |
| Harnstoff . . . . . | 11,0 Gramm. |
| Harnsäure . . . . . | 0,459 » |
| Chlornatrium . . . . . | 5,76 » |
| Phosphorsäure . . . . . | 5,39 » |

Versuch Nr. IV.
den 6. bis 7. April.

| | |
|---|---|
| Vierundzwanzigstündige Harnmenge | 851cc. |
| Reaction: sohwach sauer. | |
| Specifisches Gewicht . . . . | 1012 |
| Der Harn enthielt: | |
| Harnstoff . . . . . | 14,02 Gramm. |
| Harnsäure . . . . . | 0,300 » |
| Chlornatrium . . . . . | 5,07 » |
| Phosphorsäure . . . . . | 0,55 » |

Es ist einleuchtend, dass wir nur durch Beobachtungen, bei denen der Stoffumsatz allein durch das natürliche Bedürfniss geregelt wird, Etwas erfahren können über unsere Frage.

Seitdem wir durch des Verfassers Untersuchungen, die in neuester Zeit nun auch von anderer Seite bestätigt wurden, wissen, dass bei dem Menschen unter normalen Bedingungen aller Stickstoff der umgesetzten stickstoffhaltigen Körperstoffe im Harn den Körper verlässt, geben uns diese ganz einfachen Bestimmungen wieder ein absolut brauchbares Maass für den Umsatz wenigstens der betreffenden Stoffgruppen.

Halten wir uns nur an die Harnstoffausscheidung, so wurden von dem kindlichen Organismus in 24 Stunden ausgeschieden:

| | |
|---|---|
| 1. Tag . . . . . | 12,89 Gramm. |
| 2. Tag . . . . . | 12,91 » |
| 3. Tag . . . . . | 11,00 » |
| 4. Tag . . . . . | 14,02 » |

Im Mittel für 24 Stunden 12,7 Gramm Harnstoff,

bei einem Körpergewicht von 13,72 Kilogramm, es treffen sonach auf 1 Kilogramm in 24 Stunden im Mittel:

**0,926** Gramm Harnstoff.

Vergleichen wir damit die für einen kräftigen, erwachsenen männlichen Organismus von uns, bei ebenfalls nur durch das natürliche

Bedürfniss geregelter Nahrungsaufnahme. Es eignet sich als Beispiel dazu ein »Tetanus« S. 282. 2. mitgetheilter Versuch, da bei diesem die ganze Stoffwechselausscheidung bestimmt wurde.

**Harnuntersuchung**

bei einem kräftigen und gesunden Manne von 24 Jahren, Körpergewicht 72,672 Kilogramm nach Abzug des Kothes.

Versuch Nr. 5.

| | |
|---|---|
| Vierundzwanzigstündige Harnmenge | 2380cc. |
| Reaction sauer. | |
| Specifisches Gewicht . . . . | 1013 |
| Der Harn enthielt: | |
| Harnstoff . . . . . | 40,00 Gramm. |
| Harnsäure . . . . . | 0,53 » |
| Kochsalz . . . . . | 22,40 » |
| In der Respiration wurde ausgeschieden: | |
| Kohlenstoff . . . . . | 215,70 » |

Es treffen sonach auf 1 Kilogramm in 24 Stunden:

**0,550** Gramm Harnstoff,

während der kindliche Organismus in derselben Zeit für 1 Kilogramm

**0,926** Gramm Harnstoff

producirte.

Setzen wir das Harnstoffquantum für 1 Kilogramm des Erwachsenen gleich 1, so verhält sich dazu dieselbe Grösse bei dem kindlichen Organismus wie

**1 : 1,7.**

Es ist sonach auch nach unseren Beobachtungen, wie nach den älteren Scherer's [1]) und Mosler's [2]) der Stoffwechsel, auf 1 Kilogramm Körpergewicht berechnet, bei Kindern weit lebhafter als bei Erwachsenen.

Wir haben dieses Resultat aus dem veränderten Verhältnisse des Drüsenapparates zum Bewegungsapparate vorausgesehen.

Bei dem Menschen steigt nach den obigen Angaben das Gewicht der Bewegungsorgane im Verhältniss zu den Eingeweiden vom kindlichen bis zum erwachsenen Alter von 5,7 bis 10,1.

Setzen wir die erstere Zahl = 1, so verhalten sich beide Werthe zu einander wie

**1 : 1,77.**

Die relative Abnahme des Drüsenapparates vom kindlichen bis zum erwachsenen Alter hält sich danach in denselben Grenzen, wie die von uns eben constatirte relative Abnahme des Stoffwechsels, resp. der Harnstoffausscheidung.

---

1) Verhandlungen der phys. med. Gesellsch. zu Würzburg. Bd. 3. S. 180.
2) Archiv für wissensch. Heilkunde, Bd. 3. S. 358.

Zum Vergleiche unseres Resultates wollen wir noch die analogen Beobachtungen Scherer's und Mosler's tabellarisch zusammenstellen, soweit sie sich auf den Harnstoff beziehen.

| | | In 24 Stunden für 1 Kilogramm ausgeschiedene Harnstoffmenge. |
|---|---|---|
| Scherer: | Kind von $3\frac{1}{2}$ Jahren . . . . | 0,80 Gramm. |
| » | Knabe von 7 Jahren . . . . | 0,81 » |
| » | Mann von 22 Jahren . . . . | 0,43 » |
| » | Mann von 38 Jahren . . . . | 0,43 » |
| Mosler: | Kinder . . . . . | 0,95 » |
| » | Männer . . . . . | 0,75 » |

Nach Scherer ist das Verhältniss der Harnstoffausscheidung beim Erwachsenen und Kinde, erstere = 1 gesetzt, wie

1 : 1,88, nach Mosler wie 1 : 1,40.

In den oben angeführten Beobachtungen über die freiwillige Nahrungsaufnahme bei Kaninchen von verschiedenem Alter nnd Körpergewicht kamen wir für diese Thiere zu ganz analogen Schlüssen über den Stoffwechsel im jugendlichen und ausgewachsenen Alter. Auch hierbei fanden wir S. 30, dass der Gesammtstoffwechsel bei jugendlichen und kleineren Thieren relativ bedeutender ist als bei grösseren und älteren. Die freiwillige relative Nahrungsaufnahme, die wir dort als Maass des Stoffwechsels benutzten, war bei ausgewachsenen Kaninchen fast um die Hälfte kleiner als bei jugendlichen. Es verhielten sich die Nahrungsaufnahme wie

**1 : 1,9,**

also sehr ähnlich wie der Stoffwechsel der verschiedenen menschlichen Lebensalter gemessen an der Harnstoffausscheidung.

Auch die Harnsäuremengen sind im kindlichen Stoffwechsel relativ bedeutender als in dem des Erwachsenen. Auf 1 Kilogramm Kind treffen 0,03 Gramm, auf 1 Kilogramm des Erwachsenen nur 0,01 Gramm, das Kind scheidet also dreimal mehr aus.

## §. 3.

### Organgewichte verschiedener Thiere.

Im Folgenden sollen noch die weiteren von uns angestellten Organwägungen bei verschiedenen Thieren Mittheilung finden, so weit sie nicht schon im §. 1. enthalten sind.

Sie geben uns, wie die oben mitgetheilten, einen vorläufigen Einblick in die Verhältnisse der Organstoffwechsel zum Gesammtstoffwechsel sowohl bei verschiedenen Individuen derselben Species, als bei Thieren von verschiedener Art.

Es folgen zunächst die Tabellen selbst, ohne weitere Erklärung.

Tabelle XXI.

## Gewichtsverhältniss des Drüsenapparates zum Muskelapparat.

| Versuchs-Nummer. | Versuchs-Thier. | Reingewicht in Grammen. | Drüsenapparat in Grammen. | Bewegungsapparat in Grammen. | Drüsenapparat in Procenten des Reingewichts. | Drüsenapparat in Verhältniss zum Bewegungsapparat. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Hund jung. | 4711 | 857 | 3653 | 18,2% | 1 : 4,2 |
| 2. | Hund alt der gleichen Race. | 10370 | 1166 | 8778 | 11,2% | 1 : 7,5 |
| 3. | Katze | 2366 | 248 | 2118 | 10,5% | 1 : 8,5 |
| 4. | Katze | 2330 | 264 | 2066 | 11,3% | 1 : 7,8 |
| 5. | 1. Frosch-Männchen. | 52,5 | 4,4 | 48,1 | 8,5% | 1 : 10,9 |
| 6. | 2. Frosch-Männchen. | 85,6 | 7,2 | 78,4 | 8,4% | 1 : 10,9 |
| 7. | 1. Frosch-Weibchen, trächtig. | 66,3 | 27,3 | 39,0 (mit Eiern.) | 41,2% | 1 : 1,4 |

Die Beobachtungen an den Hunden zeigen das mehrfach erwähnte Abnehmen des relativen Gewichts des Drüsenapparats gegenüber dem Zunehmen der Bewegungsorgane mit zunehmendem Alter. Der erwachsene Hund lässt, wie der erwachsene Mensch und das Kaninchen, ein bedeutendes Uebergewicht der Bewegungsorgane erkennen gegenüber dem Drüsenapparat. Doch erreichen die Werthe nicht das Maximum, das wir bei sehr schweren Kaninchen gefunden haben.

Bei den Katzen ist der Bewegungsapparat relativ noch etwas schwerer als bei Hunden.

Bei männlichen Fröschen noch schwerer. Bei trächtigen Weibchen wird Bewegungsapparat und Eingeweide fast gleich schwer.

Tabelle XXII.

**Die Lebergewichte** (Blut ausgeflossen).

| Versuchs-Nummer. | Beobachtungs-thier. | Rein-gewicht. | Lebergewicht in Grammen. | Lebergewicht in Procenten des Reingewichts. | Verhältniss zum Reingewicht |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Kaninchen | 221 | 10,0 | 4,52% | 1 : 22,1 |
| 2. | » | 655 | 34,5 | 5,27% | 1 : 18,9 |
| 3. | » | 849 | 30,5 | 3,61% | 1 : 27,9 |
| 4. | » | 1093 | 37,4 | 3,42% | 1 : 29,2 |
| 5. | » | 1234 | 52,0 | 4,21% | 1 : 23,7 |
| 6. | Hund jung | 4711 | 217,4 | 4,61% | 1 : 21,7 |
| 7. | » alt | 10370 | 301,0 | 2,90% | 1 : 34,5 |
| 8. | Katze | 2366 | 77,5 | 3,27% | 1 : 30,5 |
| 9. | » | 2330 | 45,0 | **1,93%** | **1 : 51,7** |
| 10. | Frosch-Männchen | 34,5 | 0,9 | 2,61% | 1 : 38,1 |
| 11. | » | 35,0 | 0,9 | 2,57% | 1 : 39,3 |
| 12. | » | 36,0 | 1,0 | 2,78% | 1 : 36,0 |
| 13. | » | 41,0 | 1,2 | 2,92% | 1 : 34,2 |
| 14. | » | 52,5 | 1,2 | 2,29% | 1 : 43,7 |
| 15. | Meerschweinchen | 190,5 | 9,5 | 5,00% | 1 : 20,0 |

Bei Kaninchen und Hunden scheint das Lebergewicht mit dem zunehmenden Körpergewicht abzunehmen.

Auffallend ist das kleinere relative Lebergewicht bei Fleischfressern in Vergleich mit den Kaninchen und Meerschweinchen. Bei der einen Katze (Nr. 9 beträgt es noch keine 2% des Reingewichts. Frerichs gibt 2% = 1 : 50 als Lebergewicht des Menschen an.

Das kann nicht ohne Einfluss bleiben auf den Gesammtstoffwechsel. Die Leber der Fleischfresser und der Menschen enhält ihrem geringeren relativen Gewichte entsprechend weniger Blut als die der Nagethiere (Kaninchen), daher rührt die viel lebhaftere Gallenproduction dieser letzteren Thiere gegenüber den ersteren. Das gleiche Verhältniss scheint bei den Wiederkäuern (Schafen der Fall zu sein.

Nach Bidder und Schmidt's Resultaten, die wir für das Kaninchen bestätigten, sowie nach unseren für den Menschen und das Meerschweinchen gefundenen Werthen sondert ein Kilogramm Thier in 24 Stunden Galle in Grammen ab

| | frische Galle. | trockene Galle. |
|---|---|---|
| Mensch . . . . . | 14,00 | 0,440 |
| Katze . . . . . | 14,50 | 0,816 |
| Hund . . . . . | 19,99 | 0,988 |
| Kaninchen . . . . . | 136,84 | 2,470 |
| Meerschweinchen . . . | 164,00 | 3,280 |

Es ist von Interesse, hier die genauen und zahlreichen Leberwägungen, welche Frerichs am Menschen angestellt hat, und die aus ihnen gezogenen Resultate zu vergleichen.

Wir finden bei Frerichs[1]) über den Einfluss der Lebensalter auf das Gewicht der Drüse:

»Während der ersten Periode der Entwickelung ist das Organ im Verhältniss zum übrigen Körper am meisten ausgebildet; schon in den späteren Monaten des Fötallebens, und vorzugsweise bald nach der Geburt, ferner gegen das höhere Alter zu nimmt dieses relative Gewicht mehr und mehr ab. — Nach der Geburt verkleinert sich die Drüse rascher wegen veränderter Blutzufuhr, besonders der linke Lappen derselben; während der Zeit des grösseren Wachsthums vermehrt sich das Lebergewicht nicht in einer der Zunahme des übrigen Körpers entsprechenden Weise; im höheren Alter geht die Abnahme desselben der des Gesammtkörpers meistens voraus«.

In folgenden Tabellen sollen noch einige Gewichte der einzelnen Organe bei verschiedenen Thieren mitgetheilt werden.

Tabelle XXIII.

**Organwägungen an Thieren.**

| | | Gramm: | Procente: |
|---|---|---|---|
| I. Kaninchen: (nicht gefroren, Blut ausgeflossen und abgerechnet). | Gesammtgewicht . | **221** | |
| | Herz, Lunge . . . . | 3,6 | 1,17% |
| | Leber . . . . | 10,0 | 4,52% |
| | Nieren . . . . | 4,0 | 1,81% |
| | Milz . . . . . | 0,4 | 0,23% |
| | Gedärme mit Netz . | 37,0 | 16,64% |
| | Muskeln, Nervengewebe, Haut, Knochen . | 166,0 | 75,63% |
| | Summa: | 221 | 100,00 |

| | | Gramm: | Procente: |
|---|---|---|---|
| II. Kaninchen (gefroren, alle Organe mit ihrem Blut). | Gesammtgewicht . | **629** | |
| | Herz, grosse Gefässe, Lungen | 14,8 | 2,67% |
| | Leber . . . . | 43,6 | 6,93% |
| | Nieren . . . . | 5,9 | 0 94% |
| | Milz . . . . . | 0,8 | 0,12% |
| | Gedärme, Netz . . . | 78,0 | 12,43% |
| | Gehirn, Rückenmark . . | 9,6 | 1,52% |
| | Muskeln . . . . | 243,0 | 38,31% |
| | Knochen . . . . | 149,3 | 23,73% |
| | Haut . . . . . | 84,0 | 13,35% |
| | Summa: | 629 | 100,00 |

[1]) Klinik der Leberkrankheiten, Bd. I. S. 18 u. 19.

| | | Gramm: | Procente: |
|---|---|---|---|
| III. Hund (nicht gefroren, Blut ausgeflossen) Männchen. | Gesammtgewicht | 4711 | |
| | Herz | 49,0 | 1,04% |
| | Lunge | 130,0 | 2,76% |
| | Leber mit Galle | 217,4 | 4,61% |
| | Nieren | 39,6 | 0,84% |
| | Milz | 13,0 | 0,28% |
| | Pankreas | 20,7 | 0,44% |
| | Gedärme | 388,0 | 8,25% |
| | Gehirn und Rückenmark | 86,0 | 1,82% |
| | Muskeln | 1703,0 | 36,15% |
| | Knochen | 988,0 | 20,97% |
| | Haut | 876,0 | 18,59% |
| | Geschlechtsorgane | 36,0 | — |
| | (Blutverlust | 174,3 | 4,25% |
| | Summa: | 4711,0 | 100,00 |

| | | Gramm: | Procente: |
|---|---|---|---|
| IV. Hund (wie oben). | Gesammtgewicht | 10370 | |
| | Herz und Lungen | 220 | 2,13% |
| | Leber | 301 | 2,90% |
| | Nieren | 43 | 0,41% |
| | Milz | 24 | 0,23% |
| | Pankreas | 27 | 0,26% |
| | Geschlechtsorgane | 46 | 0,44% |
| | Gedärme | 505 | 4,87% |
| | Netz und Fett | 335 | 3,23% |
| | Gehirn | 78 | 0,75% |
| | Rückenmark | 17 | 0,16% |
| | Muskeln | 5648 | 54,46% |
| | Knochen | 1243 | 12,00% |
| | Haut | 1457 | 14,05% |
| | (Blutverlust | 426 | 4,11%) |
| | Summa: | 10370 | 100,00 |

| | | Gramm: | Procente: |
|---|---|---|---|
| V. Frosch (Männchen). | Gesammtgewicht | 52,5 | |
| | Herz | 0,6 | 1,14% |
| | Leber | 1,2 | 2,29% |
| | übrige Eingeweide | 2,6 | 4,95% |
| | Muskeln und Nervensubstanz | 32,0 | 60,97% |
| | Knochen Bänder | 8,5 | 16,15% |
| | Haut | 7,6 | 14,47% |

Damit beschliessen wir die Beobachtungsreihen dieses Capitels. Sie bestätigen unsere Annahme über die Wirkung des Blutgehaltes in den Organen vollkommen.

Sie ergeben uns als

**Hauptresultat:**

1. Der Gesammtstoffwechsel steigt und fällt mit der Zu- und Abnahme des gesammten Drüsenapparates im Verhältniss zu den Bewegungsorganen. Verschiedene Thierarten und Individuen derselben Art zeigen je nach der grösseren oder geringeren Entwickelung ihres Drüsenapparates einen grösseren oder geringeren Gesammtstoffwechsel.

2. Der Jugendzustand besitzt im Verhältniss einen höher entwickelten Drüsenapparat als das reife Alter. Es ist das einer der Gründe, warum der Stoffwechsel in der Jugend stärker ist als im erwachsenen Alter. Einen anderen Grund fanden wir in der relativ grösseren Blutmasse bei jugendlichen Individuen. Da die Drüsen (Lymphdrüsen, Leber) die Bildungsstätten des Blutes sind, so wird der relative Reichthum des jugendlichen Alters an Blut aus der relativen Mehrentwickelung der Drüsensubstanz erklärlich.

3. Da die Leber das Hauptorgan des Drüsenapparates ist, so gelten die obigen Sätze auch für diese.

Mit der geringeren Leberentwickelung im Verhältniss zum Gesammtkörper, namentlich zum Bewegungsapparat, sinkt die Gallenmenge bei dem Einzelindividuum, wie bei der Thierart.

4. Bei verschiedenen Thierarten und Thieren derselben Species setzt sich, je nach den oben dargelegten Verhältnissen, der Gesammtstoffwechsel bei Muskelruhe zwar aus den qualitativ gleichen Factoren zusammen, die Intensität, mit der diese Factoren aber zur Wirkung kommen, ist eine sehr wechselnde.

Diese Schwankungen, die wir hier für verschiedene Thierarten und Thierindividuen bei Muskelruhe erwiesen haben, müssen sich ebenso bei jedem Einzelindividuum zeigen, wenn eins oder das andere seiner grossen Organe oder Organgruppen jeweilig in stärkere Thätigkeit versetzt wird.

# Capitel VIII.

## Erste directe Bestimmung der in 24 Stunden bei Muskelruhe vom Menschen producirten Gallenmenge.

### §. 1.

### Bestimmung der 24stündigen Gallenproduction des Menschen.

Wie betheiligt sich bei dem Menschen, dem Hauptobject der physiologischen Forschung, die Leber, am Gesammtstoffwechsel?

Man hat bisher, so viel mir bekannt, noch nicht Gelegenheit gehabt, die Gallenproduction des Menschen direct zu bestimmen.

Man war für die Physiologie der Gallenproduction des Menschen einerseits auf die Untersuchung der Blasengalle angewiesen, andererseits auf die Uebertragung an Thieren mit Gallenfisteln gewonnener Resultate auf den Menschen.

Wie verschieden die in der Blase aufgespeicherte Galle ist von der Galle, welche beständig von der Leber in den Darm ergossen wird, haben entsprechend älteren Versuchen auch die in Capitel V. S. 116 mitgetheilten Trockenbestimmungen der verschiedenen Gallensorten desselben Thieres ergeben. Die festen Stoffe der Blasengalle eines Kaninchens betrugen:

7,9%,

die festen Bestandtheile des frischen Lebersecrets bei demselben Thiere dagegen nur:

1,8%.

Nach solchen Erfahrungen werden die Schlüsse von der Blasengalle des Menschen auf die Zusammensetzung der Galle, wie sie sich an den Vorgängen der Stoffaufnahme im Darm betheiligt, mehr als zweifelhaft. Jedenfalls werden wir annehmen müssen, dass letztere sehr viel weniger concentrirt sein werde.

Auch die Uebertragung der an Thieren gewonnenen Resultate auf den Menschen bleibt immerhin in ihrer Berechtigung fraglich. Die Untersuchungen an Gallenfisteln zeigen sehr erhebliche Unterschiede bei verschiedenen Thierarten, die sich weder aus dem relativen Lebergewichte noch aus der Nahrung oder Körpergewicht allein erklären lassen.

C. Voit hat die Kohlensäureausscheidung in der Athmung zu einem Mass der Gallenausscheidung zu machen versucht. Seine Versuche zur Begründung

dieser Annahme beziehen sich auch nur auf den Hund mit permanenter Gallenfistel. Wir haben noch kein Recht, sie direct, auf den Menschen zu übertragen.

Wir werden in der Folge zur Controle unsere directen Bestimmungen vergleichen mit den Berechnungen anderer Autoren.

Es glückte, einen mit Ausnahme eines chronischen Bronchialkatarrhs und starker Abmagerung sonst gesunden Mann mit einer schon längere Zeit bestehenden **permanenten Gallenfistel** zur Beobachtung zu bekommen.

Die Galle wurde in die Bronchien der Lunge entleert, es bestand, wie die Diagnose am Lebenden und die Section ergab, eine Leberlungenfistel.

Die Leber, welche in ihren übrigen Partien sich normal zeigte, beherbergte einen multiloculären Echinococcus. Es war ein Durchbruch eines grösseren Gallengefässes in einen der Hohlräume erfolgt, dieser communicirte, nach einem Durchbruch durch das Zwerchfell, die Pleura und das Lungengewebe, mit einem Bronchienzweig.

Die Ausscheidung der Galle erfolgte nicht ununterbrochen, während der ganzen Krankheitszeit durch die Lunge. Es wechselten Zeiten ab, in denen sie gänzlich durch den Darm stattfand, mit solchen, in denen offenbar kein Tropfen Galle in den Darm entleert wurde. In früheren Stadien der Krankheit war sehr starker Icterus mit dem Leiden verbunden, der während unserer Beobachtung verschwunden war.

Wurde die Galle in den Darm ergossen, so war der Darmkoth normal gefärbt, im anderen Falle hatte er die charakteristischen Zeichen des höchstgradigen icterischen Stuhls erdweiss, enorm fetthaltig, von fauligem Geruch, ohne eine Spur von Gallenbestandtheilen.

Der Mann war lange in poliklinischer Behandlung unter Herren Professor Dr. Seitz, der zuerst das Bestehen der Leberlungenfistel diagnosticirte.

Später kam der Patient unter die klinische Behandlung des Herren Geheimrathes Professor Dr. von Gietl im Münchener städtischen Krankenhause Hier hatte der Verfasser Gelegenheit den Kranken näher zu beobachten.

Im Anhange zu diesem Capitel wird die Krankengeschichte und Section ausführlicher dargelegt werden.

Hier interessiren vor Allem die 5 vierundzwanzigstündigen Gallenmengenbestimmungen, die in einer Periode angestellt werden konnten, in denen die Untersuchung des Kothes einen vollkommenen Abschluss der Galle von dem Darme ergab.

Nach der 5. Sammlung der Galle cessirte plötzlich die Gallenausscheidung durch die Lunge, der Koth wurde wieder normal gefärbt, die Sputa enthielten keine Spur Galle mehr, die Fistelöffnung hatte sich geschlossen. Der Mann verliess in diesem Zustande das Spital, so dass keine weiteren Untersuchungen möglich waren.

Nach einigen Monaten kam er zur Section durch Prof. Buhl, der der Verfasser beiwohnte, und welche, wie gesagt, die Diagnose bestätigte.

Da die Gallenausscheidung durch die Lunge plötzlich aufhörte, konnte die

Menge des flüssigen Bronchialsecretes bestimmt werden, welche bei dem Auswerfen der Galle zugemischt wurde.

Die Lungenausscheidung betrug nach dem Aufhören der Gallenbeimischung am ersten Tage:

135cc.

Die folgenden Tage ergaben niedrigere Werthe, so dass es vorzuziehen ist, lieber diese Maximalzahl von der durch die Lunge gelieferten Gallenmenge in Abzug zu bringen, als eine etwas kleinere Mittelzahl.

Von den Zahlen für die feste Galle kam etwas Eiweiss in Abzug, welches von dem Bronchialsecrete herrührte, welches auch Schleimkörperchen (Eiterkörperchen) enthielt.

Nach Abzug von 135cc für das beigemischte Lungensecret und des in jedem Falle direct bestimmten Albumins gaben die Bestimmungen der in 24 Stunden ausgeschiedenen, sorgfältig gesammelten Gallenmengen folgende Resultate.

Zu wiederholen ist noch, dass Icterus während der 5 folgenden Versuche nicht bestand, nur die Conjunctiva war sehr schwach gelblich gefärbt, im Urin kein Gallefarbstoff.

Das specifische Gewicht der Galle war im Mittel 1025.

### I. Bestimmung
### der Gallenausscheidung des Menschen.

In 24 Stunden wurden ausgeschieden:

| | | |
|---|---|---|
| flüssige Galle . . . . | (405cc) = 415 | Gramm |
| feste Galle . . . . . | 14,74 | » |

I. Die festen Stoffe bestanden aus:

| | | |
|---|---|---|
| Gallensäuren . . . . . | 6,32 | Gramm |
| Fett mit Cholesterin . . . . . | 1,67 | » |
| Farbstoff (mit Schleim) . . . | 2,04 | » |
| Asche . . . . . | 1,71 | » |
| Summa | 14,74 | Gramm. |

II. Procentberechnung der Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Wasser . . . . . | 97,10% |
| feste Stoffe . . . . . | 2,90% |
| | 100,00. |

Die festen Stoffe bestanden aus:

| | |
|---|---|
| Gallensäuren . . . . . | 53,4% |
| Fett und Cholesterin . . . . . | 14,2% |
| Farbstoff (mit Schleim) . . . . . | 17,8% |
| Asche . . . . . | 14,6% |
| | 100,0. |

### II. Bestimmung
der Gallenausscheidung des Menschen.

I. In 24 Stunden wurden ausgeschieden:

| | | |
|---|---|---|
| flüssige Galle . . . . | (645cc) = 661 | Gramm |
| feste Galle . . . . . | 17,34 | » |

Die festen Stoffe bestanden aus:

| | | |
|---|---|---|
| Gallensäuren . . . . . | 6,88 | Gramm |
| Fett mit Cholesterin . . . . | 3,90 | » |
| Farbstoff (mit Schleim) . . . | 4,24 | » |
| Asche . . . . . | 2,32 | » |
| Summa | 17,34 | Gramm. |

II. Procentberechnung der Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Wasser . . . . . | 97,31% |
| feste Stoffe . . . . . | 2,69% |
| | 100,00. |

Die festen Stoffe bestanden aus:

| | |
|---|---|
| Gallensäuren . . . . . | 40,00% |
| Fett mit Cholesterin . . . . . | 22,50% |
| Farbstoff (mit Schleim) . . . . . | 24,11% |
| Asche . . . . . | 13,39% |
| | 100,00. |

### III. Bestimmung
der Gallenausscheidung des Menschen.

I. In 24 Stunden wurden ausgeschieden:

| | | |
|---|---|---|
| flüssige Galle . . . (595,5cc) | = 610 | Gramm |
| feste Galle . . . . . | 20,14 | » |

Die festen Stoffe bestanden aus:

| | | |
|---|---|---|
| Gallensäuren . . . . . | 14,48 | Gramm |
| Fett mit Cholesterin . . . . | 0,97 | » |
| Gallenfarbstoff (mit Schleim) . . | 2,07 | » |
| Asche . . . . . | 2,65 | » |
| Summa | 20,17 | Gramm. |

II. Procentberechnung der Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Wasser . . . . . | 96,61% |
| feste Stoffe . . . . . | 3,39% |
| | 100,00. |

Die festen Stoffe bestanden aus:

| | |
|---|---|
| Gallensäuren . . . . . | 71,80% |
| Fett mit Cholesterin . . . . . | 4,80% |
| Farbstoff (mit Schleim) . . . . . | 10,28% |
| Asche . . . . . | 13,12% |
| | 100,00. |

### IV. Bestimmung

der Gallenausscheidung des Menschen.

I. In 24 Stunden wurden ausgeschieden:

| | | |
|---|---|---|
| flüssige Galle . . . . | (601cc) = | 616 Gramm |
| feste Galle . . . . . | 16,74 | » |

Die festen Stoffe bestanden aus:

| | | |
|---|---|---|
| Gallensäuren . . . . . | 9,39 | Gramm |
| Fett mit Cholesterin . . . . | 1,76 | » |
| Farbstoff (mit Schleim) . . . | 2,91 | » |
| Asche . . . . . | 2,68 | » |
| Summa | 16,74 | Gramm |

II. Procentberechnung der Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Wasser . . . . . | 96,22% |
| feste Stoffe . . . . . | 3,78% |
| | 100,00. |

Die festen Stoffe bestanden aus:

| | |
|---|---|
| Gallensäuren . . . . . | 54,9% |
| Fett und Cholesterinn . . . . . | 10,5% |
| Farbstoff (mit Schleim . . . . . | 19,8% |
| Asche . . . . . | 14,8% |
| | 100,0. |

### V. Bestimmung

der Gallenausscheidung des Menschen.

I. In 24 Stunden wurden ausgeschieden:

| | | |
|---|---|---|
| flüssige Galle . . . . | (922cc) = | 945 Gramm |
| feste Galle . . . . . | 37,00 | » |

Die festen Stoffe bestanden aus:

| | | |
|---|---|---|
| Gallensäuren . . . . . | 17,54 | Gramm |
| Fett mit Cholesterin . . . . | 7,55 | » |
| Farbstoff (mit Schleim) . . . | 4,32 | » |
| Asche . . . . . | 6,59 | » |

II. Procentberechnung der Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Wasser . . . . . | 95,99% |
| feste Stoffe . . . . . | 4,01% |
| | 100,00. |

Die festen Stoffe bestanden aus:

| | |
|---|---|
| Gallensäuren . . . . . | 47,39% |
| Fett und Cholesterin . . . . . | 20,44% |
| Farbstoff (mit Schleim) . . . . | 14,35% |
| Asche . . . . . | 17,85% |
| | 100,00. |

Zur Erleichterung der Uebersicht sollen die erhaltenen Resultate noch tabellarisch neben einander gestellt werden.

In 24 Stunden wurde ausgeschieden:

| | | flüssige Galle: sp. G. 1025. | feste Galle: |
|---|---|---|---|
| Beobachtung | I. | 405cc = 415 Gramm. | 11,74 Gramm |
| » | II. | 645cc = 661 » | 17,34 » |
| » | III. | 595cc = 610 » | 20,17 » |
| » | IV. | 601cc = 616 » | 16,74 » |
| » | V. | 922cc = 945 » | 37,00 » |
| **Im Mittel:** | | **636cc = 652 Gramm:** | **20,62 Gramm.** |

Der Mensch wog:

94 Ø. = 47 Kilogramm.

Die Leber war durch den Echinococcus vergrössert, sodass das wahre Gewicht der Lebersubstanz nicht bestimmt werden konnte.

1 Kilogramm Mensch secernirte sonach

1) in 24 Stunden im Mittel:
   flüssige Galle 13,52cc = 14,0 Gramm.
   feste Galle 0,44 Gramm.
2) in 1 Stunde:
   flüssige Galle 0,56cc = 0,574 Gramm.
   feste Galle 0,02 Gramm.

1 Kilogramm Mensch secernirte

1) in 24 Stunden im Minimum:
   flüssige Galle 8,61cc = 8,83 Gramm.
   feste Galle 0,25 Gramm.
2) in 1 Stunde als Minimum:
   flüssige Galle 0,36cc = 0,37 Gramm.
   feste Galle 0,01 Gramm.

1 Kilogramm Mensch secernirte

1) in 24 Stunden im Maximum:
   flüssige Galle 19,62cc = 20,11 Gramm.
   feste Galle 0,8 Gramm.
2) in 1 Stunde als Maximum:
   flüssige Galle 0,82cc = 0,84 Gramm.
   feste Galle 0,033 Gramm.

Diese Werthe bleiben sehr bedeutend hinter denen zurück, die wir für Kaninchen gefunden haben, besonders dann, wenn wir uns nur an die Gallenausscheidung in der Ruhe vor dem Tetanus halten, was dadurch gerechtfertigt erscheint, dass durch den Tetanus die Gallensecretion nachhaltig vermindert wird. Die berechneten Gallenmengen für 24 Stunden sind für 1 Kilogramm Kaninchen nach unseren Beobachtungen folgende:

| | | feuchte Galle: |
|---|---|---|
| Versuch | I . . | 106,2 Gramm |
| » | III . . | 102,2 » |
| » | IV . . | 152,4 » |
| » | V . . | 188,2 » |
| » | VI . . | 110,3 » |
| **Im Mittel:** | . . | **132** Gramm. |

Bidder und Schmidt fanden nach ihren Versuchen für dieselbe Grösse den Werth

**136,84,**

der von unserem also nicht verschieden ist.

Für trockene Galle fanden sie für 1 Kilogramm Kaninchen in 24 Stunden

**2,47** Gramm.

Wir bei einem mittleren Gehalt an festen Stoffen von 1,84% nach den Ergebnissen der Versuche IV und V

**2,43** Gramm,

also absolute Uebereinstimmung.

Ehe wir weitere Vergleiche der bei dem Menschen gewonnenen Resultate mit an Thieren erhaltenen vornehmen, fahren wir noch in der tabellarischen Zusammenstellung fort.

Tabelle

**der in 24 Stunden vom Menschen ausgeschiedenen Gallenbestandtheile in Grammen.**

| | I. Minimum. | II. | III. | IV. | V. Maximum. | Im Mittel. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gallensäuren . | 6,32 | 6,88 | 14,48 | 9,39 | 17,54 | **11,0** |
| Fett, Cholesterin . | 1,67 | 3,90 | 0,97 | 1,76 | 7,55 | **3,2** |
| Farbstoff, Schleim . . | 2,01 | 4,24 | 2,07 | 2,91 | 4,32 | **3,2** |
| Asche . . . | 1,74 | 2,32 | 2,65 | 2,68 | 6,59 | **3,2** |
| Summa: | 11,74 | 17,43 | 20,17 | 16,74 | 37,00 | **20,6** |

Tabelle

**der procentischen Zusammensetzung in fester Menschen-Galle.**

| | I. % | II. % | III. % | IV. % | V. % | Im Mittel: % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gallensäuren . | 53,4 | 40,9 | 71,8 | 54,9 | 47,4 | **53,45** |
| Fett, Cholesterin . | 14,2 | 22,5 | 4,8 | 10,5 | 20,4 | **14,48** |
| Farbstoff, Schleim . . | 17,8 | 24,1 | 10,3 | 19,8 | 14,4 | **17,29** |
| Asche . . . | 14,6 | 13,4 | 13,1 | 14,8 | 17,8 | **14,79** |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,00 |

Am auffallendsten sind unter diesen Ergebnissen die sehr bedeutenden Schwankungen im procentischen Fett- und Cholesteringehalt der verschiedenen Gallenportionen.

Es lässt diese Beobachtung auf eine bedeutende Beeinflussung der **Zusammensetzung der Galle** je nach der Nahrung schliessen, eine Frage, die bisher noch nicht exact in Angriff genommen worden ist, aber eine Erledigung verdient.

**Hauptresultat.**

1) Ein Mann von 94 Pfund = 47 Kilogramm Körpergewicht secernirte in 24 Stunden

| | flüssige Galle: | feste Galle: |
|---|---|---|
| **im Mittel . . .** | **652 Gramm;** | **20,62 Gramm.** |
| im Minimum | 415 » | 11,74 » |
| im Maximum | 945 » | 37,00 » |

2) 1 Kilogramm Mensch secernirte in 24 Stunden

| | flüssige Galle: | feste Galle: |
|---|---|---|
| **im Mittel . .** | **14,0 Gramm;** | **0,44 Gramm.** |
| im Minimum | 8,83 » | 0,25 » |
| im Maximum | 20,11 » | 0,80 » |

## §. 2.

## Vergleichung der direct gefundenen Werthe mit den für die Gallenproduction des Menschen bisher berechneten.

Man pflegte bisher die vom Menschen gelieferten Gallenmengen zu berechnen nach den auf 1 Kilogramm Körpergewicht ausgeschlagenen Gallenmengen, die man bei fleischfressenden Thieren aus Fisteln gewonnen hat.

Man glaubte die Annahme machen zu dürfen, dass 1 Kilogramm Mensch in 24 Stunden ziemlich ebensoviel Galle ausscheide wie 1 Kilogramm Katze oder Hund in der gleichen Zeit.

Aus den Versuchen von Bidder und Schmidt berechnet sich, dass 1 Kilogramm **Katze** in 24 Stunden im Mittel secernire bei gewöhnlicher Kost

**14,5** Gramm flüssige Galle.

1 Kilogramm **Hund** in 24 Stunden

**13—28** Gramm flüssige Galle.

Für den Hund stimmen die Beobachtungen Nasse's mit denen von Bidder und Schmidt überein. Nasse fand für 1 Kilogramm Hund in 24 Stunden

**12,2—28,4** Gramm flüssige Galle.

Die Zahlen Arnold's sind ziemlich viel kleiner, sie betragen nur 8,1 Gramm — 11,6 Gramm in 24 Stunden. Man hat darauf hingedeutet, dass diese geringen Gallenmengen sich vielleicht daraus erklären, dass bei den betreffenden Versuchen der Gallenabfluss nicht ganz ungehindert vor sich gehen konnte, wodurch bekanntlich eine Verminderung der Gallensecretion bis zu vollkommner Sistirung derselben hervorgerufen werden kann.

Nach der anderen Richtung weichen von den bisher betrachteten Werthen für die Gallenproduction der Hunde die Versuche von Kölliker und H. Müller ziemlich bedeutend ab.

Sie fanden für 1 Kilogramm Hund, auf 24 Stunden berechnet, im Minimum 21,5 Gramm flüssige Galle mit 0,75 Gramm festen Stoffen, im Maximum 36,16 Gramm mit 1,162 Gramm festen Stoffen [1]).

Alle diese Versuche leiden mehr oder weniger daran, dass von einigen, kürzere Zeit andauernden Messungen der Gallenausscheidung auf den ganzen Tag gerechnet wurde. Die Gallenprodnction steht jedoch bei Fleischfressern so sehr unter dem Einfluss der Verdauungs-Phasen und der Ernährung, dass eine derartige Berechnung selbstverständlich nicht ohne die grössten Willkürlichkeiten in den Annahmen angestellt werden kann. Die Berechnungen können sonach nicht auf volle Genauigkeit Anspruch machen.

Trotzdem ist es interessant, dass die von uns am Menschen gewonnenen Resultate, soweit sie sich auf flüssige Galle beziehen, mit den Ergebnissen der Versuche an Thieren ziemlich übereinstimmen, am besten mit den von Bidder und Schmidt für die Katze gefundenen Werthen, mit denen sie, mit Rücksicht auf die natürlichen Schwankungen einer physiologischen Function, geradezu identisch erscheinen.

| 1 Kilogramm Katze: | 1 Kilogramm Mensch: |
|---|---|
| (berechnet) | (gemessen) |
| 14,5 Gramm. | 14,0 Gramm. |

Funcke berechnete aus den mitgetheilten Mittelzahlen für Fleischfresser (Katze und Hund) die Gallenproduction eines 60 Kilogramm schweren Menschen in 24 Stunden auf etwa 1000—1800 Gramm.

Dieser Rechnungsvoranschlag wird durch die directe Beobachtung ziemlich bestätigt, doch ist die beobachtete Gesammtmenge der Galle etwas geringer. Nach unseren Bestimmungen treffen auf einen Menschen von 60 Kilogramm in 24 Stunden

1) In einem jedoch pathologischen Falle fanden sie sogar 53,66 feuchte Galle mit 1,683 festen Stoffen.

**Im Mittel** . 840 Gramm flüssige Galle
**Im Maximum** 1207 » » »

Von den bisher mitgetheilten Gallebestimmungen an Hunden unterscheiden sich die Beobachtungen von Th. L. W. von Bischoff mit C. Voit's wesentlich dadurch, dass sie sich auf viel grössere Beobachtungszeiten erstrecken, somit die Gallenquantitäten mit grösserer Genauigkeit angeben [1]).

Nach ihren Versuchen schied ein 20 Kilogramm schwerer Gallenfistelhund 4—12 Gramm feste Galle in 24 Stunden aus, im Mittel 9 Gramm.

Diese Zahlen sind sehr viel geringer als die Angaben der oben angeführten Autoren.

1 Kilogramm Hund scheidet in 24 Stunden nach Bischoff und Voit aus im Mittel

**0,43** Gramm feste Galle.

1 Kilogramm Mensch nach unserer Bestimmung in derselben Zeit im Mittel

**0,44** Gramm feste Galle.

Die Werthe passen vollkommen auf einander.

Ebenso genau stimmt die Berechnung mit der Beobachtung überein, wenn wir nicht auf 1 Kilogramm Körpergewicht rechnen, sondern auf das gleiche Lebergewicht.

Die Leber des Gallenfistelhundes, an dem Bischoff und Voit beobachteten, wog nach E. Bischoff 777 Gramm, sie producirte im Mittel nach der obigen Angabe 9 Gramm feste Galle.

Die Leber eines erwachsenen Menschen wiegt z. B. nach den Wägungen E. Bischoff's bei einem Hingerichteten 1600 Gramm. Da das Lebergewicht unseres Gallenfistelmannes nicht exact zu bestimmen ist, können wir uns an diese Zahl halten. Es würden demnach im Mittel, gleiche Secretionsintensität für das gleiche Lebergewicht von Hund und Mensch vorausgesetzt, vom Menschen in 24 Stunden nach der Rechnung

**20** Gramm feste Galle

ausgeschieden werden.

E. Bischoff berechnet in seiner Untersuchung: Ueber den Nachweis der Gallensäuren mittelst der Pettenkofer'schen Probe und über das Vorkommen dieser Säuren im icterischen Harn [2]), der wir auch die Angaben über die von Bischoff und Voit bestimmten Gallenmengen entnehmen, die gleiche Grösse für die vom Menschen gelieferte Gallenmenge.

Unsere oben mitgetheilte beobachtete Mittelzahl stellt sich, ganz dieser Berechnung entsprechend, auf

**20,62** Gramm feste Galle.

Die Uebereinstimmung der Resultate könnte nicht grösser sein. Sie zeigt uns, dass die Berechnungsmethoden auf gleiches Körper- und Lebergewicht, auf die Bischoff-Voit'schen Beobachtungen am Gallenfistelhunde gestützt, auch für

1) Scott's Zahlen für den Hund erscheinen auffallend gross.
2) 1864. Zeitschrift f. rat. Med.

den Menschen ein der Wahrheit sich vollkommen annäherndes Resultat ergeben. Die a priori gegen die Berechtigung einer derartigen Berechnung sich ergebenden Zweifel sind dadurch beseitigt.

In der oben citirten Abhandlung E. Bischoff's finden wir noch folgende, hierher zu beziehende, wichtige Stelle.

»Herr Professor Voit hat vorgeschlagen, noch auf eine andere Weise weitere Aufschlüsse zu gewinnen. Es hat sich bei den oben angeführten Untersuchungen herausgestellt, dass ein Hund beim Hunger 4 Gramm, bei der grössten Nahrungsmenge 12 Gramm feste Galle im Tage bildet, die mittlere Menge bei ausreichender Nahrungszufuhr betrug 9 Gramm. — Die Respirationsversuche der Prof. Pettenkofer und Voit ergeben nun ganz die gleichen Schwankungen für die Kohlenstoffausscheidung durch Haut und Lungen beim Hunde, nämlich beim Hunger 78 Gramm, bei reichlichster Nahrungszufuhr 220 Gramm, die mittlere Menge bei zureichender Nahrung beläuft sich etwa auf 160 Gramm Kohlenstoff. Es ist auf den ersten Blick ersichtlich, dass die Gallenausscheidung steigt und fällt mit der Menge des durch die Athmung entfernten Kohlenstoffs. Bei Fütterung mit 1600 Gramm Fleisch finden sich im Tag 12 Gramm feste Galle; bei der gleichen Nahrung werden 150 Gramm Kohlenstoff exspirirt. — Nach den Beobachtungen von Dr. J. Ranke scheidet ein ausgewachsener Mensch bei gewöhnlicher Diät im Tag 210 Gramm Kohlenstoff durch Haut und Lungen aus; daraus würden sich also 17 Gramm trockene Galle berechnen.«

E. Bischoff berechnet sonach nach der angegebenen, auf vollkommen anderen Voraussetzungen beruhenden Methode aus der vom Verfasser bestimmten Respirationsgrösse des Menschen für die Gallenausscheidung 17 Gramm, dieselbe Grösse, die wir unter unseren V directen Bestimmungen der Gallenmengen zweimal antreffen im II. und IV. Versuch (II. 17,34 Gramm; IV. 16,74 Gramm). Nach E. Bischoff berechnet Voit die in 24 Stunden vom Menschen ausgeschiedene Menge von Gallensäuren im Mittel zu 11 Gramm, die gleiche Zahl, die wir durch Beobachtung gefunden haben.

So bestätigt ein Resultat das andere.

**Die direct beobachteten Werthe der Gallenproduction des Menschen für 24 Stunden entsprechen den auf richtigen Voraussetzungen beruhenden Beobachtungen dieser Grösse nach Beobachtungen an Thieren vollkommen.**

Mit aller Bestimmtheit kann ausgesagt werden, dass der Mensch in 24 Stunden zum wenigsten die oben mitgetheilten Gallenmengen ausscheidet, wenn wir Rücksicht nehmen auf den minimalen Verlust, der durch die Gelbfärbung der Conjunctiva angedeutet wird.

## §. 3.

### Vergleichung der chemischen Zusammensetzung der Menschengalle nach den vorstehenden und älteren Bestimmungen.

Am bedeutendsten sind, wie zu erwarten, die Unterschiede zwischen dem Wassergehalte der von anderen Autoren untersuchten Blasengalle und des von uns beobachteten frischen Lebersecrets.

Bei einem durch Verwundung gestorbenen 22jährigen Manne fand Frerichs die Zusammensetzung der Blasengalle

Wasser . 85,92%
feste Stoffe 14,08%.

v. Gorup-Besanez fand bei normalen, von Hingerichteten stammenden Blasenzellen als grösste Differenzen

Wasser . 82,27%
feste Stoffe 17,73%

und

Wasser . 90,87%
feste Stoffe 9,13%.

Als Mittelwerth für die Zusammensetzung der Blasengalle berechnet sich daraus

Wasser . . . 86,35%
feste Stoffe . 13,65%.

Die von uns für das frische Lebersecret gefundene mittlere Zusammensetzung ist

Wasser . . . 96,84%
feste Stoffe . 3,16%.

Als Grenzwerthe fanden wir

Wasser . . . 97,31%
feste Stoffe . . 2,69%

und

Wasser . . . 95,99%
feste Stoffe . . 4,01%

Alle unsere Trockenbestimmungen sind bei 110° C. gemacht.

Die festen Stoffe unterscheiden sich sonach zwischen Blasengalle und Lebersecret wie

3,16% : 13,65%,

also etwa um das 4fache ist die menschliche Blasengalle reicher an festen Stoffen als das frische Lebersecret.

Die Zusammensetzung der festen Stoffe der frischen Menschenblasengalle wurde von Frerichs und v. Gorup-Besanez ebenfalls untersucht.

Unsere Bestimmungen wurden nach der gleichen Methode angestellt, welche von den genannten Autoren verwendet wurde, sodass die gewonnenen Resultate direct vergleichbar sind. In einem Falle, Nr. I, wurde das Resultat für die Gallensäuren controlirt nach der Hoppe'schen Methode, die Zahlen stimmten gut überein, sie waren nach der letzteren nur wenig geringer, sie ergaben im Ganzen für 24 Stunden

6,3 : 6,1 Gallensäuren,

eine Differenz, welche noch in die Fehlergrenzen zu fallen scheint.

Die Berechnungen der vorstehenden Resultate sind auf 100 der festen Stoffe ausgeführt.

In derselben Weise berechnet, ergeben die berechenbaren Bestimmungen der genannten Autoren bei Blasengalle:

| | I. (Frerichs.) | II. (v. Gorup.) | III. |
|---|---|---|---|
| Gallensaure Alkalien | 64,9 | 60,8 | 55,1 |
| Fett, Cholesterin | 8,4 | 26,7 | 30,3 |
| Farbstoff, Schleim | 21,2 | 12,5 | 14,3 |
| Asche | 5,5 | 6,1 | 6,1 |

Diese Werthe differiren etwa ebenso von einander, wie die von uns gefundenen, zum Beweise, dass, wie schon oben erwähnt, auf die Zusammensetzung der Galle wahrscheinlich die Nahrungsverhältnisse sehr bedeutend Einfluss ausüben.

Im Mittel verhalten sich die Zusammensetzungen der verschiedenen Gallen vom Menschen in Hinsicht ihrer organischen Stoffe in folgender Weise. Nr. I. sind die Beobachtungen an der Blasengalle nach Frerichs und v. Gorup, Nr. II. unsere Beobachtungen an dem Lebersecret des Gallenfistelmannes.

| | I. | II. |
|---|---|---|
| Gallensäuren | 54,0 [1]) | 53,45 |
| Fett, Cholesterin | 21,8 | 14,48 |
| Farbstoff, Schleim | 16,0 | 17,29 |

Die Zusammensetzungen differiren danach in Betreff der organischen Gallenbestandtheile nicht.

Sehr viel bedeutender stellt sich der Aschengehalt des Lebersecrets heraus als der Blasengalle. Das frische Lebersecret enthält im Mittel nach unseren Bestimmungen

14,79% anorganische Stoffe,

während hier die Blasengalle nur enthält

6%.

Danach scheint die Verminderung des **Wassergehaltes** des Lebersecrets in der Gallenblase auch mit einer Verminderung seiner **anorganischen Salze** Hand in Hand zu gehen. —

Folgenden

Sectionsbericht,

welcher die Diagnose vollkommen bestätigte, verdanken wir der Freundlichkeit des Herren Geheimrath Professor Dr. v. Gietl.

1) Gallensaure Alkalien berechnen sich im Mittel zu 60,4, nach Abzug von 10% Asche bleiben 54,0.

A. S., Bahnaufseher, 41 Jahr alt.

Echinococcus alveolaris, Tuberculosis pulmonum.

Bei der äusseren Besichtigung zeigte die Leiche grosse Abmagerung, Schwund der Muskulatur und des Paniculus adiposus.

Die Section ergab vollkommene Verwachsung der Lungen beiderseits mit der Costalpleura. Die Lungen zeigen sich durchsetzt von theilweise absolescirenden Tuberkelherden. Im rechten Oberlappen eine grössere Caverne.

Im rechten Unterlappen befinden sich mehrere haselnuss- bis wallnussgrosse Cavernen, deren untere Wand zum Theil von der Zwerchfellpleura gebildet wird. Daselbst finden sich auch mehrere erbsengrosse Herde von Echinococcus alveolaris.

Die Leber war ziemlich klein. An der Porta hypatis fand sich eine knotige Verdichtung des Glisson'schen Gewebes, welches die grösseren Gallengänge ringförmig umschnürte und sich ebenfalls als Echinococcus erwies. Entsprechend dem Verlaufe der Pfortader- und Leberarterienäste im oberen Theile des rechten Lappens, zeigen sich von der Porta hepatis ausgehende und gegen das Zwerchfell verlaufende, theilweise 0,5 CM. dicke derbe Stränge, ebenfalls Echinococcus.

In der Peripherie der Convexität des rechten Lappens mehrere grössere und kleinere Echinococcusherde, die unmittelbar an das Zwerchfell angrenzen, welches theils fibrös verdichtet, theils ebenfalls mit Echinococcus infiltrirt ist. Eine offene Communication zwischen den correspondirenden Cavernen im Unterlappen der rechten Lunge und den Echinococcushöhlungen ist nicht mehr nachweisbar.

Die übrigen Organe zeigen sich ausser geringer Fettdegeneration des Herzmuskels gesund.

## Anhang.

Als Anhang möge hier ein Auszug aus der Inauguraldissertation des Herren Dr. med. Adam Rapp aus Bamberg:

Eine Leber-Lungenfistel,

Würzburg 1867, Platz finden, welche unseren Fall in der Zeit beschreibt, ehe er unter unsere Beobachtung kam.

Leber-Lungenfisteln sind so selten beobachtet und wenig besprochen, dass ich es für interessant genug erachte, den von mir in dem poliklinischen Institute zu München beobachteten und behandelten Fall der Oeffentlichkeit zu übergeben.

Der Fall wurde zuerst in der medicinischen Poliklinik zu München, der auch ich als Praktikant angehörte, behandelt und ist mir durch die Güte des Vorstandes derselben, Herrn Professor Dr. Seitz, in späterem Verlaufe zur Behandlung und Verwendung zu meiner Dissertation überlassen worden.

J. S., 38 Jahr alt, verheiratheter Eisenbahnarbeiter und Vater von zwei Kindern, gibt an, früher ein sehr kräftiger, frischer Mann gewesen zu sein und sich

stets der besten Gesundheit erfreut zu haben, die nur höchst selten durch vorübergehende Unpässlichkeiten getrübt worden sei. In Mitte des Monats December 1865 bemerkte Patient, dass er ungewöhnlich gelb aussehe und suchte desshalb in der hiesigen Poliklinik ärztliche Hülfe. Der Kranke soll ein gut genährtes und kräftiges Aussehen gehabt haben, die ikterische Färbung der Haut war stark ausgesprochen. Er klagte über Appetitlosigkeit, Kopfschmerz, Jucken der Haut, grosse Ermattung und war sehr verstimmt. Fieber war keines vorhanden, Körpertemperatur nicht erhöht, Puls etwas verlangsamt. Bei genauer Untersuchung der Leber konnte nichts Abnormes nachgewiesen werden, auch keine Schmerzhaftigkeit derselben war vorhanden. Der Unterleib war nicht aufgetrieben, die Milz nicht vergrössert. Der Stuhl träge und entfärbt, Urin bierbraun. Es wurde die Diagnose, zumal Erscheinungen eines Magenkatarrhs vorausgegangen waren, auf Icterus catarrhalis gestellt und zuerst dagegen Laxantia, später Roberantia und Bäder verordnet. Patient wurde so zwei Monate lang ambulant behandelt, ohne dass sich die Krankheit eigentlich wesentlich besserte. Nach Ablauf dieser genannten Zeit stellten sich Fieber, sehr hochgradige Erschöpfung ein und der Kranke wurde bettlägerig. Die Lebergegend war etwas schmerzhaft, sonst aber nichts Besonderes zu bemerken. Nachdem nun dieses Fieber in mässigem Grade ungefähr 8 Tage angedauert hatte, stellte sich plötzlich ein sehr heftiger Schüttelfrost ein, begleitet von Husten, Athembeklemmung und einem sehr lebhaften Schmerze, entsprechend dem Zwerchfellsstande rechterseits. Die Perkussion ergab nach 4 Tagen auf der rechten Seite eine absolute Dämpfung, beginnend am oberen Rande der vierten, später der dritten Rippe und hinabreichend bis zur gewöhnlichen Grenze der Leberdämpfung. Die Dämpfung begann in derselben Höhe nach rückwärts, seitlich und vorne. Die Auskultation ergab entsprechend der Dämpfung aufgehobenes Athmen und nach oben Rasselgeräusche. Die ganze linke Lunge befand sich im Zustande katarrhalischer Reizung. Der Husten wurde quälend, der Auswurf war zäh und konnte nur mit Mühe expectorirt werden. Ikterische Färbung bestand immer noch fort; ebenso die Stuhlentfärbung und die gallige Färbung des Urins. Es wurde Nitrum und Salmiak gereicht. Der Zustand des Patienten besserte sich allmählich etwas, das Exsudat begann resorbirt zu werden, allein im Ganzen zog sich die Krankheit noch immer mit den Erscheinungen von Ikterus neben Stechen auf der Brust bis Anfang Juni fort. Zu dieser Zeit entleerte Patient plötzlich auf freier Strasse unter heftigen Hustenstössen grosse Massen grüner, ganz wie Galle aussehender Sputa. Die chemische Untersuchung soll auch damals ergeben haben, dass beträchtliche Mengen von Galle darin enthalten waren. Patient fühlte sich nach dieser Entleerung etwas leichter, die Schmerzhaftigkeit in der rechten Thoraxhälfte wurde geringer, er entleerte jedoch von dieser Zeit an täglich 1—2 Mass solcher Sputa. Der Ikterus hielt sich dabei auf derselben Stufe, der Stuhl war retardirt, die Faeces blieben vollkommen entfärbt und der Urin immer vollkommen concentrirt und bierbraun. Der Kräftezustand des Kranken sank ausserordentlich; dabei hatte derselbe einen wahren Heisshunger und konnte auch Alles ganz gut vertragen mit Ausnahme fetter Speisen. Patient bekam Morphium, um den Hustenreiz zu mindern, wurde nach Möglichkeit gut genährt, und es nahm dabei die Expektoration, nachdem sie 2 Wochen lang so massenhaft angedauert, allmählich ab, so dass das Auswerfen von Galle nach 4 Wochen fast ganz verschwunden war. Eines Tages jedoch verzehrte Patient gierig eine sehr fette und reichliche Eierspeise, worauf heftiges Erbrechen erfolgte und sich wieder die Expectoration von Galle einstellte. Auch davon erholte sich Patient wieder; die Sputa waren zwar noch gallig gefärbt, allein sie wurden sehr sparsam ausgeworfen.

Der Ikterus dauerte noch immer so ziemlich in demselben Masse fort; der Stuhl war immer noch entfärbt, Urin tiefbraun und wurden damals in demselben

Gallensäuren nachgewiesen. Die Kräfte des Kranken nahmen wieder zu, und derselbe konnte, nachdem er 2 Monate bettlägerig gewesen war, ins Freie gehen und reiste im Monat September zu seinen Verwandten, wo er sich nach Nachrichten sehr wohl befand. Sein Arzt berichtete, dass die Expektoration ganz normal geworden sei und Patient sich ohne Nachtheil körperlich ziemlich anstrengen könne. Dieser Zustand dauerte 4 Wochen. Plötzlich bekam Patient wieder einen Schüttelfrost, zugleich grün gefärbte diarrhöische Stühle und zwar in Massen. Die Diarrhöen dauerten bloss 2 Tage, allein sie schwächten den Kranken ausserordentlich. Aber auch davon erholte sich Patient ziemlich rasch, die ikterische Färbung der Haut verschwand jetzt sehr auffallend, die Stühle blieben seit dem Eintritte der Diarrhöen gefärbt und die Expektoration wurde vollkommen normal. Patient erfreute sich eines guten Allgemeinbefindens, und als er sich im Oktober in der Poliklinik wieder vorstellte, wurde er als sehr gut aussehend anerkannt. Die objektive Untersuchung soll damals eine nicht vollkommene Dämpfung auf der rechten Seite beginnend am oberen Rande der dritten Rippe ergeben haben. Diess war die erste Zeitperiode, in der die Expektoration von Galle vollkommen sistirte. Im November trat plötzlich wieder die Expektoration ein, und zwar in grossen Massen, dann allmählich abnehmend. Der Stuhl wurde wieder farblos, die ikterische Färbung nahm wieder zu, der Urin wurde dunkel gefärbt und der Kranke fühlte sich entsprechend schwach und krank. In diesem Zustande bekam ich denselben im Monate Dezember, also gerade ein Jahr seit dem Beginne der ganzen Erkrankung, zur Beobachtung und Behandlung. Das Resultat der Anamnese habe ich bereits durch die bis hieher mitgetheilte Krankengeschichte, die mir von den behandelnden Aerzten geliefert wurde, gegeben und ich gehe desshalb gleich zu der objektiven Untersuchung des Kranken über, wie sie sich, als ich den Patienten zum erstenmale sah, ergab. Ich fand denselben zu Bette liegend, er zeigte einen kränklichen, leidenden Gesichtsausdruck und eine ziemlich starke gelbe Färbung der ganzen Körperoberfläche. Der Körperbau ist ein kräftiger, wohlproportionirter und die Muskulatur gut entwickelt, wenn auch durch das Verhalten der Haut nicht zu verkennen ist, dass Patient bedeutend magerer geworden ist. Was zunächst die Untersuchung des Thorax anbelangt, so ist auch dieser wohlgebaut zu nennen. Bei Beobachtung der Athembewegungen bemerkt man, dass die rechte Thoraxhälfte sich etwas weniger hebt, als die linke. Die Auskultation und Perkussion der linken Lunge ergibt nichts Abnormes, bloss an einigen Stellen etwas verschärftes, vesikuläres Athmen. Rechts dagegen beginnt vorne am oberen Rande der dritten Rippe der Perkussionsschall leerer zu werden und reicht diese relative Dämpfung bis zum oberen Rande der sechsten Rippe, wo sie ganz plötzlich in eine absolute Dämpfung übergeht. Zieht man eine circuläre Linie um die rechte Thoraxhälfte, entsprechend der relativen Dömpfung, so stellt sie so ziemlich eine gerade dar; die absolute Dämfung dagegen beginnt hinten um 3 Centimeter tiefer als vorne. Die Auskultation ergibt ganz oben rauhes vesikuläres Athmen, da wo die relative Dämpfung beginnt, wird es schwächer, lautet entfernter, und da, wo die absolute Dämpfung beginnt, vorne und hinten, ist es ganz aufgehoben; ebenso verhält sich der Stimmfremitus. Das Herz zeigt in allen seinen Durchmessern keine Vergrösserung, der Herzchoc ist an der normalen Stelle, die Bewegungen desselben sind ruhig und die Töne deutlich und rein. Was die Untersuchung der Leber betrifft, so beginnt, wie schon erwähnt, die absolute Dämpfung in der Mammillarlinie am oberen Rande der sechsten Rippe und reicht 5 Centimeter über den freien Rippenbogen herab; die Länge dieser Dämpfung beträgt 16 Centimeter. In der Axillarlinie beginnt die absolute Dämpfung in derselben Höhe, reicht 5 Centimeter über die elfte Rippe herab und beträgt im Ganzen 17 Centimeter.

In der Parasternallinie haben wir gleichfalls denselben Anfang der Dämpfung;

sie reicht hier bis 1 Centim. oberhalb des Nabels herab und beträgt in ihrer ganzen Länge 15 Centimeter. Die Dämpfung des linken Leberlappens endlich reicht 10 Centimeter vom Processus Xiphoideus nach links hinüber. Der Beginn der Dämpfung bleibt derselbe bei der In- und Exspiration, der Unterleib ist etwas aufgetrieben und die Lebergegend gegen Druck empfindlich. Bei der Palpation stellt sich die Oberfläche der Leber glatt dar, sie zeigt nirgends Erhabenheiten und das ganze Organ scheint sehr consistent zu sein. Der untere Leberrand fühlt sich ziemlich stumpf und sehr hart an; hinter demselben nach aufwärts zu gehen, gelang nur eine ganz kleine Strecke und war dabei kein Tumor zu entdecken. Die Milz war nicht vergrössert. Diese Untersuchung wurde von Zeit zu Zeit wiederholt, ergab aber bis zum Monat April keine nennenswerthe Veränderung. Ueber die Erscheinungen und das Befinden des Kranken vom Dezember 1866 bis zum April 1867 ist Folgendes zu berichten. Die ikterische Färbung dauerte ununterbrochen fort und zeigte ganz unbedeutende Schwankungen. Diese Schwankungen traten ganz unregelmässig ein, manchmal war die Färbung intensiver nach einer reichlichen Expektoration, manchmal war diess der Fall, wenn die Expektoration ganz schwach vor sich ging. Patient klagte fortwährend über heftiges Jucken am ganzen Körper; namentlich aber an der Glans schilderte er diese Affektion als äusserst quälend. Ferner gab er, ohne darnach gefragt zu werden, an, dass er öfters gelb sehe. Der Schweiss färbte hie und da die Wäsche gelb. Auf der rechten Lunge war fortwährend, auf der linken bloss von Zeit zu Zeit Bronchialkatarrh vorhanden. Die katarrhalische Reizung auf der rechten Seite zeigte bedeutende Schwankungen, so dass zu mancher Zeit der Kranke einen ganz schwachen Husten und Auswurf hatte, zu mancher Zeit ihn diese Tag und Nacht quälten. Der Bronchialkatarrh und die Expektoration von Galle standen natürlich in innigem Zusammenhange und war eine profuse Expektoration auch immer mit einem hochgradigen Katarrh verbunden. Wie früher, so differirte auch jetzt die Menge des Expektorirten zu verschiedenen Zeiten sehr von einander und war dabei ein einigermassen periodisches Auftreten zu beobachten. Nachdem Patient gewöhnlich während 4—5 Tagen ungefähr täglich einen halben Schoppen ausgeworfen hatte, nahm die Expektoration allmählich zu und erreichte gewöhnlich binnen 2 Wochen ihr Maximum, wo dann der Kranke des Tages ungefähr 2 Mass (nach seiner Schätzung) expektorirte. Von dem Maximum sank die Expektoration meistens sehr rasch zum Minimum. Natürlich kamen Ausnahmen von diesem periodischen Verlaufe vor und hielt sich die Expektoration manchmal längere Zeit, namentlich auf dem Maximum entweder in Folge von Diätfehlern oder schlechten Witterungsverhältnissen oder sonstigen ungünstig einwirkenden Momenten. Genau während einer bestimmten Zeit die Menge des Expektorirten zu bestimmen, war desshalb nicht möglich, weil Patient, wie noch erwähnt werden wird, seit Monat Dezember des Tags sich mehrmals erbrach und also auch auf diese Weise Sputa mit entleert wurden. Die Sputa selbst wurden immer unter heftigen Hustenstössen expektorirt und waren zu verschiedenen Zeiten verschieden concentrirt und gefärbt, und zwar hing diess nicht, wie es nahe liegt anzunehmen, von der Menge des Expektorirten ab, so dass geringere Mengen concentrirter und dunkler gefärbt gewesen wären als grössere, sondern es war hier durchaus kein Zusammenhang zu bemerken. Die Farbe der Sputa wechselte zwischen hellgelb und grüngelb. Die Sputa wurden auch chemisch untersucht und erwiesen sich dieselben bei der ersten Untersuchung durch Dr. J. Ranke, welche nur qualitativ gemacht wurde, als jedenfalls der Hauptmasse nach aus reiner Galle bestehend. Mikroskopisch nachgewiesen enthielten die Sputa öfters Tyrosin und Leucin. Bei einer zweiten Untersuchung, welche auch quantitativ gemacht wurde, enthielten 840 cc. Sputa 2% feste Bestandtheile und 6 Gramm Gallensäuren.

Seit Monat December 1866 stellte sich auch öfters des Tages nach der Aufnahme von Speisen Erbrechen ein. Das Erbrochene zeigte eine schwach saure Reaktion, eine grünliche Färbung und bestand zum grössten Theil aus unverdauten Speiseresten; etwas Blut, Schleim und gallige Sputa waren beigemischt. Das Erbrechen selbst ging ohne bedeutende Beschwerden für den Kranken vor sich, auch klagte Patient niemals über Schmerz in der Magengegend und reagirte nicht im Mindesten bei Druck auf dieselbe. Der Appetit war gut, ja Patient hatte meistens einen wahren Heisshunger, der ihn öfters zu grossen Diätfehlern verleitete. Das grösste Verlangen hat der Kranke nach Mehlspeisen, auch sehr mageres, von Fett genau gesäubertes Fleisch isst er gerne, während er Widerwillen gegen Fett hat, das er früher am liebsten gegessen zu haben behauptet. Als beste Nahrung für ihn stellte sich eine stärkemehlreiche heraus. Patient nimmt des Tags gewöhnlich etwas mageres Fleisch, möglichst einfach zubereitetes Gemüse und 10—12 Kreuzersemmel zu sich. Ebenso wird der Kranke von grossem Durst geplagt und trinkt desshalb sehr viel. Seine Getränke bestehen in Wasser, Milch, Zuckerwasser, Limonade, Thee und Bier. Patient hat fortwährend einen bitteren Geschmack im Munde, der ihn beim Genusse von Speisen und Getränken am meisten belästigt.

Urin wurde sparsam gelassen; derselbe war concentrirt, trübe, bierbraun und hatte meistens einen sehr starken Bodensatz. Oefters wiederholte Untersuchungen wiesen in demselben beträchtliche Mengen von Gallenfarbstoffen und Gallensäuren nach. Mikroskopisch wurde nichts Besonderes in demselben beobachtet.

Der Stuhl war meistens retardirt, die Faeces hatten thonartiges Aussehen, und gelang es niemals, durch chemische Untersuchungen in denselben Gallenbestandtheile nachzuweisen. Hie und da waren sie etwas mit Blut untermengt.

Was das Allgemeinbefinden des Kranken betrifft, klagt er hauptsächlich über grosse Schwäche, Abgeschlagenheit und Eingenommensein des Kopfes, und hie und da über Rückenschmerzen. Relativ am besten befindet er sich nach einer reichlichen Expektoration; dann ist er ausser Bett und geht bei günstigem Wetter ins Freie, während er unmittelbar vor oder während einer solchen Expektoration sehr schwach und bettlägerig ist. Der Puls ist im Allgemeinen klein und hart zu nennen und bewegt sich im Durchschnitt zwischen 70 und 80 Schlägen in der Minute; nur höchst selten wurde er etwas frequenter. Die Körpertemperatur hält sich zwischen $37^0$ und $38^0$. Nachts hat Patient manchmal profuse Schweisse, die seine Wäsche gelb färben. Der Schlaf ist gut, wenn nicht der Husten stört. So blieb der Zustand des Patienten bis Mitte April.

Am 14. des genannten Monats machte der Kranke, weil er sich gerade etwas besser fühlte, einen Spaziergang ins Freie, obwohl der Boden feucht war und ein kalter, rauher Wind wehte. Zu Hause angelangt, merkte er sogleich, dass ihm der Spaziergang nicht gut bekommen sei; er fühlte sich sehr unwohl und begab sich zu Bette. In der Nacht trat heftiges Stechen auf der rechten Seite und grosse Athemnoth ein, so dass Patient die ganze Nacht schlaflos hinbrachte. Sein Befinden verschlimmerte sich immer mehr, und die am folgenden Morgen vorgenommene objektive Untersuchung ergab eine absolute Dämpfung auf der rechten Brusthälfte bis hinauf zur Clavicula reichend und vollständig aufgehobenes Athmen. Patient athmete rasch, kurz und oberflächlich, und war deutlich zu erkennen, wie schmerzhaft ihm jeder Athemzug war. Das Fieber war mässig. Der Puls etwas unregelmässig, klein, hart und zählte 90—100 Schläge in der Minute; die Körpertemperatur unbedeutend erhöht. Die Dyspnoë und das Stechen auf der Brust nahmen im Laufe des Tags eine immer grössere Intensität an, Patient musste aufrecht im Bette sitzen und war bis zum Tode ermattet. Es wurden feuchtwarme Umschläge und wegen

der zu heftigen Schmerzen Morphium angewendet. Gegen Abend trat starker Husten mit massenhafter Expektoration der schon oft erwähnten Sputa ein. Dieser Husten nun erhöhte die Beschwerden des Kranken bedeutend, und derselbe stöhnte und jammerte wie ein hülfloses Kind. Auch die kommende Nacht wurde vollkommen schlaflos hingebracht, allein so quälend und schmerzhaft der Husten für den Kranken war, so merkte er doch, dass mit der zunehmenden Expektoration die Athemnoth abnahm und dem entsprechend ergab auch die am andern Morgen vorgenommene Untersuchung eine Abnahme der Dämpfung um 1½ Fingerbreite. Die Beschwerden des Patienten wurden immer geringer, nur das Stechen blieb zurück, weshalb die feuchtwarmen Umschläge und das Morphium fortgesetzt wurden. Am 17. April fühlte sich der Kranke wesentlich besser, die Dämpfung hatte wieder etwas abgenommen und, der Husten und Auswurf wurden immer mässiger.

Am 18. April reichte die Dämpfung bis zur dritten Rippe, das Fieber war vollkommen verschwunden, und es stellte sich grosser Appetit ein. So erholte sich Patient immer mehr und mehr, und sein Zustand besserte sich dermassen, dass J. S. zu jetziger Zeit, Mitte des Monat Mai, sich so relativ wohl fühlt, wie es schon seit langer Zeit bei ihm nicht mehr der Fall war. Husten und Auswurf sind sehr mässig, und das Erbrechen ist seit 8 Tagen vollkommen sistirt, seit welcher Zeit Patient ausschliesslich von Milch und Brod sich nährt.

Die Sputa unterscheiden sich dadurch etwas von den früheren, dass sie verhältnissmässig mehr Blut enthalten, das manchmal ein ganz helles, manchmal ein mehr dunkles, schwärzliches Aussehen hat. Die ikterische Färbung ist so gering, wie ich es während der ganzen Zeit meiner Beobachtung noch nie bemerkt habe, die Faeces sind dabei jedoch noch immer vollkommen entfärbt und der Urin noch immer sehr stark gallig gefärbt. Allgemeine Körperschwäche ist noch immer in hohem Grade vorhanden. Die Gemüthsstimmung ist in Anbetracht der grossen Beschwerden der Krankheit und der dürftigen Verhältnisse, in die Patient als Familienvater durch seine Krankheit gerathen ist, eine sehr gute zu nennen, und hofft der Kranke immer noch auf vollkommene Genesung.

Am 20. Mai verliess derselbe München, um bei seinen Verwandten einen längeren Landaufenthalt zu geniessen.

Durch Ausschluss wird der Verfasser der Dissertation zur Annahme eines Leberabscesses geführt, was sich durch die oben mitgetheilte Section nicht bestätigte. Folgendes ist der Schluss der an diese Meinung angeknüpften Bemerkungen, welche mit den nöthigen Aenderungen auch für die Entstehung der Lungenfistel durch den Echinococcus Geltung behält:

Von dem entzündeten Lebergewebe ist mehr und mehr eiterig zerflossen, es haben sich vielleicht im weiteren Verlaufe neue kleine Abscesse gebildet und sind später in einen grossen zusammengeflossen; es wurden grössere Gallengänge durch den Eiterungsprocess corrodirt, es kam dadurch zum Ergusse von Galle in die Abscesshöhle, diese wurde in Folge dessen immer grösser, es wurden das Zwerchfell und die durch die vorhergegangene Pleuritis mit demselben verwachsene Lungenbasis in das Bereich des Abscesses gezogen, und endlich erfolgte die Entleerung des Inhaltes der Abscesshöhle durch Perforation in einen grösseren Bronchus nach aussen.

Dass so grosse Mengen Galle expektorirt werden, spricht dafür, dass sowohl grössere Gallengänge als auch grössere Bronchien in die Abscesshöhle münden, und wir haben auf diese Weise eine vollkommene Leber-Lungenfistel vor uns. Das fortwährende Einströmen der Galle in die Abscesshöhle hindert die Heilung des Abscesses, auch wenn Tendenz dazu vorhanden ist.

Ferner wird durch die Einwirkung der Galle auf die Bronchialschleimhaut beständig ein Bronchialkatarrh mit heftigen Hustenparoxysmen unterhalten, welche gleichfalls verhindern, dass die entzündeten Abscesswandungen sich nähern und

mit einander verwachsen können. Dieser Zustand bestand einige Monate und in Folge dessen auch der Ikterus mit all seinen Erscheinungen und die Expektoration der Galle, bis Patient plötzlich grün gefärbte Diarrhöen bekam. Es scheint sich zu dieser Zeit eine Partie des schleimreichen, zähen, concrementartigen Sekrets, vielleicht ein Schleimpfropf, der einen grösseren Gallengang verstopfte, durch irgend eine veranlassende Ursache losgelöst und sich nun sehr reichliche Mengen Galle in den Darmkanal ergossen zu haben, woraus sich auch gleich der diarrhöische Stuhl und dessen rasches Verschwinden erklärt. Dass die grüne Färbung des Stuhls wirklich durch den jetzt wieder möglichen Abfluss der Galle in den Darm bedingt war, beweisen uns die von diesem Momente an eine Zeit lang andauernde Färbung des Faeces und das ebenso lange Sistiren der Expektoration der Galle. Es verschwanden auch die übrigen Symptome, die durch die Gallenstauung hervorgerufen worden waren, und es hätte ganz gut in diesem Zustande eine vollkommene Heilung des Abscesses und damit Verschluss des Fistelganges aus der Leber in die Lunge eintreten können, da alle bis jetzt die Heilung verhindernden Momente wenigstens zum grössten Theil beseitigt waren. Allein es traten wieder nach einiger Zeit Entfärbung der Faeces, Expektoration der Galle und alle früher beschriebenen Symptome in demselben Maasse ein.

Der Ductus hepaticus oder choledochus, oder beide zusammen sind durch immer grössere Anhäufung von schleimreichem Sekret, theils durch Entzündung und Verwachsung gänzlich und wahrscheinlich für immer unwegsam geworden (hat sich im Verlaufe nicht bestätigt J. R.). Die Perforation des Abscesses in die rechte Lunge weist darauf hin, dass der Abscess im rechten Leberlappen sich befindet und ursprünglich seinen Sitz in den obersten Partieen des Lappens hatte. Dass auch der linke Lappen vergrössert ist, kann uns durchaus nicht befremden, da die das ganze Organ begleitende Hyperaemie auch eine Vergrösserung desselben in seiner ganzen Ausdehnung hervorrufen muss.

Wir haben nach unten in der Mammillar-, Axillar- und Parasternallinie eine Vergrösserung der Dämpfung um 5 Centimeter und nach links hinüber eine solche um 3 Centimeter. Nach oben lässt sich in diesem Falle wegen der Residuen des pleuritischen Exsudats sehr schwer bestimmen, wie viel die Vergrösserung beträgt. Die absolute Leberdämpfung beginnt statt am unteren Rande der sechsten Rippe schon am oberen derselben und entspricht jedenfalls der Stelle, wo die Leber der Thoraxwand unmittelbar anliegt, indem rückwärts der Eintritt dieser Dämpfung um 3 Centimeter tiefer stattfindet und die ganze Umgrenzung derselben den Lebercontouren entspricht. Wir haben ferner an der vorderen Thoraxwand eine relative Dämpfung, beginnend am oberen Rande der dritten Rippe. Dass diese Dämpfung nicht bloss durch eine Vergrösserung der Leber bedingt ist, beweist uns das Verhältniss, dass dieselbe sowohl hinten als vorne in derselben Höhe beginnt; ein Theil derselben wird allerdings durch die Vergrösserung der Leber nach oben und die dadurch bewirkte Compression der Lunge erzeugt sein. Die absolute Dämpfung an der hinteren Thoraxseite entspricht vielleicht der Abscesshöhle an der Lungenbasis; dass dadurch nicht die gewöhnlichen Erscheinungen der Cavernenbildung hervorgerufen werden, lässt sich daraus erklären, dass dieselbe möglicherweise mehr oder minder central gelagert, eine bedeutende Verdichtung des Lungengewebes in der Umgebung vorhanden ist und ohnedem schon die untere Partie der rechten Lunge durch die abgelaufene Pleuritis und durch die Lebervergrösserung sich im Zustande hochgradiger Compression befindet. Ein zurückgebliebenes pleuritisches Exsudat kann allerdings auch diese Dämpfung ganz oder theilweise bedingen, und geben uns die Athmungsgeräusche keinen Anhaltspunkt zur Unterscheidung, weil das aufgehobene Athmen so gut für die eine oder andere Ansicht spricht.

Dass die Section die Diagnose im Wesentlichen bestätigte, ist schon im Text einleitend angeführt worden.

# Capitel IX.

## Einige Versuche über die physiologische Wirkung der Galle.

Naturgemäss reihen sich an die Beobachtung über die Gallenausscheidung bei Thieren und Menschen einige Versuche an, welche zum Theil an jene sich anschliessend ausgeführt wurden.

### §. 1.

### Ueber die Ursachen des plötzlichen Todes bei Einspritzung concentrirter Gallenlösungen ins Blut.

Vom Verfasser und Dr. med. Baldauf.

Wenn man einem Kaninchen concentrirte Lösungen gereinigter Galle oder Lösungen gallensaurer Alkalien in die Vena Jugularis einspritzt, so sterben die Thiere meist fast momentan unter heftigen Erstickungsanfällen und Athemkrämpfen.

Spritzt man die gleich concentrirten Lösungen in Venen ein, die weiter vom Herzen entfernt sind, z. B. Vena saphena magna oder vena cruralis, so bemerkt man zunächst keine oder doch weniger stürmische Erscheinungen, es bedarf meist einer grösseren Menge der Gallenlösung, um Erstickungszufälle zu erzeugen, die hier und da auch wieder vorübergehen, ohne den Tod des Thieres herbeizuführen.

Ehe die Beobachtung über die verschiedene Wirkung von verschiedenen Venen aus von uns gemacht war, rief die anscheinende Gleichheit der Symptome den Verdacht wach, ob wir es bei dieser heftigen Wirkung der Galle und der gallensauren Alkalien nicht vielleicht mit einer Kaliwirkung zu thun haben.

Dieser Verdacht war leicht zu beseitigen.

In einer Portion der filtrirten Galle wurde eine Gesammtaschenbestimmung ausgeführt.

In den reinen gallensauren Alkalien aus Ochsengalle, welche zumeist zu den Versuchen dienten, wurde weiter eine Bestimmung des Kaligehaltes angestellt.

Die trockene Ochsengalle enthielt anorganische Stoffe:

10,747% Asche, meist Alkalisalze.

100 trockene gallensaure Alkalien der Ochsengalle gaben:

10,025% Alkalisalze.

In 100 Asche = Alkalisalzen der gallensauren Alkalien sind nach unserer Bestimmung enthalten

3,06% Kali.

Nach diesen Ergebnissen kann der vorliegende Gedanke über die Ursache der tödtlichen Wirkung der Galleneinspritzung sogleich näher geprüft werden.

Nach directen Bestimmungen betrug die tödtliche Dosis von Galle und gallensauren Alkalien bei der Einspritzung in die Jugularis meist nur

15 Milligramm.

In 15 Milligramm sind enthalten, wenn wir den Gehalt der gallensauren Alkalien nach unseren Bestimmungen zu 10,025% annehmen, höchstens

1,6 Milligramm Asche mit

0,00005 Gramm Kali.

Schon diese Berechnung zeigt, dass wir uns in unserer ersten Voraussetzung getäuscht haben, da eine derartige Minimalmenge von Kalisalz auf den lebenden Organismus kaum einen erkennbaren Einfluss ausübt, geschweige ihn tödtet.

Unter den folgenden Versuchen sind einige enthalten, die theils über diese Minimaldose, theils über die Wirkung grösserer Aschenmengen der Galle Aufschluss ertheilen.

Es gelang uns, in einer ganz anderen Einwirkung der Galle auf die Functionirung des Organismus die wahre Todesursache aufzufinden.

Die angewendeten Lösungen von Galle und gallensauren Alkalien war stets von gleichem Gehalte und zwar von 20% in destillirtem Wasser gelöst. Die Lösung war filtrirt.

Die Einspritzungen geschahen mit einer Woop'schen Spritze, deren Inhalt genau, wie schon oben angegeben,

15 Milligramm

feste gallensaure Alkalien betrug.

Es sollen einige ganze Versuchsprotocolle als Beispiele mitgetheilt werden:

**Versuch I.**

Versuchsthier: Starkes männliches Kaninchen.

Nach Einführung der Canüle in die Vena jugularis

10 hor. 49′ in 1/4 Minute 44—47 Pulse.

Nach der Einspritzung von 1 Woop'schen Spritze voll 20% filtrirter Ochsengalle sofort Stillstand des Herzens, dann

in 1/4 Minute 16 Pulse.

Nach 1 Minute todt, seit der Einspritzung nur zwei krampfhafte Athembewegungen.

Sofort Section. Nach der Oeffnung des Thorax pulsirt das Herz noch ab und zu.

Blut der rechten Herzkammer geronnen, Gerinnsel zieht sich in die Vena cava fort, der Stamm, der Arteria pulmonalis durch Gerinnsel dicht verschlossen, das Blut in den Lungen noch flüssig. Im linken Herzen keine Gerinnung.

Lungen stark congestionirt, Eingeweide in der Bauchhöhle zeigen nichts Besonderes, starke peristaltische Bewegungen, Blut in der Vena casa inferior geronnen.

### Versuch II.

Kaninchenweibchen, kräftig.

Vena jugularis präparirt.

9 hor. 40′ Puls in 1 Minute 212.

9 hor 42′ Injection von 1 Woon'schen Spritze Gallenasche von der Concentration der Gallenlösung.

Puls in 1 Minute 224.

Die Injection hat keine weitere Wirkung, das Thier ist losgebunden ganz munter und bleibt es bis

10 hor. 18′ Puls in 1 Minute 216.

10 hor. 20′ Injection der Gallenlösung in gewohnter Concentration und Menge, sofort heftige Krämpfe.

Puls in 1 Minute 148,

dann Herzstillstand, heftige Respiration, dann wieder einige kräftige Herzbewegungen.

10 hor. 21′ Puls in 1 Minute 64,

nun steht die Respiration still.

Section. Das Thier macht bei dem Hautschnitt eine zuckende Athembewegung, das Herz macht noch Contractionen; das ganze rechte Herz mit seinem Vorhof mit Blutgerinnsel erfüllt, das linke Herz enthält flüssiges Blut.

In den kleinen Lungenvenen kein Thrombus, im unteren Abschnitt der Lungenarterie ein fortgesetzter Thrombus, der obere Theil frei. Aorta leer. Lungen congestionirt.

Der Harn ist neutral, blutig mit Blutkörperchen. Er ist eiweiss-frei, zeigt schwache, aber deutliche Reaction auf Gallefarbstoff.

### Versuch III.

Kaninchenbock, stark.

A. Injection von Gallenaschelösung.

In 1 Woon'schen Spritze je 0,05 Gramm von Gallenasche mit 0,00153 Gramm Kali. Bei solchen Concentrationen treten bei Kalisalzen schon erkennbare Wirkungen auf, es ist 30mal mehr als im ersten Versuch mit Gallenasche in jeder Spritze enthalten, entsprechend etwa 0,45 Gramm Galle, auch 30mal mehr als gewöhnlich die tödtliche Dosis.

Nach dem Aufbinden des Thieres etc.:

10 hor. 10′ Puls in 1/4 Minute 62,58.

Woon'schen Spritze Gallenaschelösung in die Vena jugularis

10 hor. 15′ Puls in ¼ Minute 57
» 16′ » » 55 } leichter Krampfanfall, gemischt mit freiwilligen Bewegungen.
» 16,5′ » » 44 }
» 20′ » » 59

2. Injection von 1 Woon'schen Spritze Gallenaschelösung.

10 hor. 24′ Puls in ¼ Minute 62
» 25′ » » 65
» 28′ » » 59 } leichte krampfhafte Bewegungen.
» 29′ » » 56 }
» 30′ » » 54
» 32′ » » 62
» 33′ » » 62

3. Injection von Gallenaschelösung:

10 hor. 34′ Puls in ¼ Minute 59
» 35′ » » 52
» 36′ » » 53
» 37′ » » 50
» 38′ » » 53
» 38,5′ » » 51
stärkerer Krampfanfall.
10 hor. 39′ Puls in ¼ Minute 45
» 40′ » » 45
» 40,5′ » » 50
» 41′ » » 53
» 41,5′ » » 64

Der Zustand des Thieres erscheint danach wieder vollkommen normal.

Die Injection der schwachen Kalilösung bringt, wie sich aus dem Versuche ergibt, schwache krampfhafte Anfälle mit einer geringen Pulsverlangsamung hervor, die rasch wieder verschwindet und einen normalen Zustand zurücklässt. Nur bei der 2. Injection wurde eine geringe Pulsbeschleunigung als Anfangsstadium der Kaliwirkung beobachtet, auf welche sich dann eine minimale Verlangsamung einstellte.

Damit ist nun experimentell die primäre Frage entschieden. Die Kalisalze können an dem plötzlichen Tode keine Schuld tragen, da sie sogar noch in einer 30fach verstärkten Concentration als die tödtliche Gallendosis nur sehr schwache Reactionen des Organismus hervorrufen.

B. Injection von 20% Lösung von Galle.

11 hor. 39′ Puls in ¼ Minute 62.

Um 11 hor. 40′ Injection einer Woon'schen Spritze mit der Gallelösung.

Sofort Stillstand des Herzens.

11 hor. 42′ einige krampfhafte Athembewegungen, schwache Herzcontractionen in ¼ Minute 18.

Section. Herz pulsirt noch. Rechtes Herz mit flüssigem Blute stark gefüllt, am Septum und an der Einmündungsstelle der Arteria pulmonalis ein Thrombus, die Arteria pulmonalis mit Gerinnsel fest verstopft. Lungen sehr stark hyperämisch.

Der Harn gibt die Gallenfarbstoffreaction nicht, es bildet sich nur ein schwach rother Ring an der Grenze des Harns und der Säure.

### Versuch IV.

Mittelgrosses weibliches Kaninchen. Um 9 hor. 0′ Morgens aufgebunden. Herzschlag schwach, kaum zählbar. 9 hor. 8′ Einspritzung von 1 Spritze voll Gall-Lösung. Noch ehe die ganze Spritze injicirt, heftige Krämpfe, Athemkrämpfe. Ohne den Eintritt des Todes abzuwarten, wurde der Thorax geöffnet. Das Herz schlägt ziemlich rasch und regelmässig. In der Jugularis viel flüssiges Blut, das rechte Herz stark gefüllt, an den Klappen und der Einmündungsstelle der Arteria pulmonalis ein festes Gerinnsel, das sich in die A. pulmonalis fortsetzt und diese ganz verstopft.

Das linke Herz ziemlich blutleer. Die Lungen, besonders die rechte, stark hyperämisch.

Sonst nichts Auffallendes, lebhafte peristaltische Darmbewegungen.

Harnblase gefüllt, Harn (wie immer) trübe, mit Säuren brausend und eiweissfrei. Enthält viel Gallefarbstoff.

### Versuch V.

Kaninchen.

Von der gewöhnlichen Concentration der Gallenlösung wurde 1 Spritze injicirt.

Der Tod erfolgte sofort unter Krämpfen. Es wurde keine Pulszählung vorgenommen, die Canüle sofort aus der Vena jugularis externa entfernt, wobei Blut abfloss.

Die sofort angestellte Section ergab:

Das rechte Herz, die Vena cava inferior und superior, sowie die Arteria pulmonalis mit geronnenem Blute erfüllt. Das linke Herz und die Aorta bluten. Unterhalb des Zwerchfelles enthalten die Venen noch Blut, ebenso die Venen der oberen Körperhälfte. Das Herz reagirte noch auf mechanischen Reiz.

Die Lungen sehr blutreich.

### Versuch VI.

Kaninchen.

Galleninjection in die beiden Venae crurales.

Es mussten 3 Woop'sche Spritzen injicirt werden, dann erfolgte der Tod in der gewohnten Weise unter Athemkrämpfen.

Section. In beiden Herzventrikeln flüssiges Blut, ebenso in der Vena cava inferior oberhalb des Zwerchfelles. Mehrere Thromben in den kleineren Aesten der Arteria pulmonalis, die Vena cava inferior von den Einspritzungsstellen an bis zur Leber hinauf mit Gerinnsel vollkommen verschlossen.

**Versuch VII.**

Injection reiner gallensaurer Alkalien aus Ochsengalle.

10 Uhr 40'. Puls in $^1/_4$ Minute 60. Injection einer Woop'schen Spritze voll Lösung gallensaurer Alkalien von 33% = 0,025 Gramm.

Die Herzbewegung wird sofort sehr träge: 15 Pulse in $^1/_4$ Minute, dann heftige Krämpfe mit Herz- und Respirationsstillstand. Dann fing das Herz wieder langsam an zu schlagen: 8 Pulse in $^1/_4$ Minute. Respiration blieb aus. Also Tod nach 1 Minute.

Section. Das Herz bewegt sich noch auf mechanischen Reiz, Coronarvenen stark gefüllt, rechtes Herz sehr erweitert, namentlich der Vorhof, erfüllt mit flüssigem Blut und wandständigem Gerinnsel. Herz bewegt sich wieder lebhafter nach Entleerung des Blutes. Die Vena jugularis externa, in welche injicirt wurde, vollkommen thrombosirt, die entgegengesetzte mit flüssigem Blute stramm gefüllt. Lungen hyperämisch. Die Arteria pulmonalis in ihrem Anfangstheile thrombosirt, nach links setzt sich der Thrombus nicht weiter fort, aber rechts reicht er weit in die feineren Aeste: in den andern Gefässen ist das Blut flüssig.

---

Alle die vorstehenden Versuche haben das Uebereinstimmende, dass in ihnen sich eine

Thrombose der Arteria pulmonalis

nachweisen liess.

Es wurden zwei Fälle beobachtet, in denen der Tod nach der Einspritzung der Galle oder der gallensauren Alkalien nicht sofort, sondern erst später auch unter Krämpfen eintrat.

In diesen beiden Fällen zeigte sich keine Thrombose der Lungenarterie und keine ausgedehntere Blutgerinnung.

In dem ersten Falle wurde nach der Todesursache nicht weiter geforscht, es wurde nur eine feste Gerinnung in jener Vena jugularis externa und deren Zweigen nachgewiesen, in welche direct injicirt war.

Der Tod war nicht momentan, sondern erst nach $5^1/_2$ Minuten nach der Einspritzung von 0,015 Gramm filtrirter Ochsengalle erfolgt und zwar nicht mit plötzlichen Erstickungsanfällen, sondern in länger andauernden Krämpfen. Die Athembewegungen waren vor dem Tode sehr rasch.

In dem zweiten Ausnahmsfalle gelang es, bei sorgfältiger Beobachtung die Thrombosirung anderer wichtiger Venen als Todesursache aufzufinden. Wir theilen diesen Fall ausführlich mit, da er auch noch die grosse Menge der bis zum Tode eingespritzten Lösung von gallensauren Alkalien sich auszeichnet.

**Versuch VIII.**

Mit Lösung von gallensauren Alkalien aus Ochsengalle.

Je 0,015 Gramm in 1 Spritze eingespritzt.

10 hor. 44' Puls in $^1/_4$ Minute 58.

1. Spritze voll injicirt:

10 hor. 45' Puls in $^1/_4$ Minute 36

» 46' » » 35.

2. Spritze voll injicirt:

10 hor. 47′ Puls in 1/4 Minute 35.

Der Puls wird unregelmässig, Krämpfe.

10 hor. 49′ Puls in 1/4 Minute 64
» 50′ » » 53.

3. Spritze voll injicirt.

Während der Injection wurden die Herzbewegungen unregelmässig und langsamer, beschleunigen sich aber rasch wieder. Das Thier macht schwache zuckende Bewegungen.

10 hor. 51′ Puls in 1/4 Minute 50
» 52′ » » 50
» 53′ » » 53.

4. Spritze voll injicirt.

10 hor. 45′ Pulse in 1/4 Minute 53.

Krämpfe, Tod unter fortdauernden Krämpfen.

Section. Bei dem Hautschnitt treten noch Respirationen ein, die sofort sistiren, sobald das Messer abgesetzt wird.

Das Herz contrahirt sich noch, es ist bedeutend ausgedehnt, voll von schwarzem flüssigem Blute, nach dem Aufschneiden pulsirt es fort. Auch in den Vorkammern ist das Blut flüssig. In der Lungenarterie kein Thrombus. Auch in den meisten übrigen Gefässen ist das Blut flüssig.

Die Vena jugularis externa, in welche injicirt wurde, ist dagegen vollständig, sogar bis in ihre kleinsten Zweige thrombosirt, ebenso die grösseren Venen auf der Oberfläche des Gehirns und die beiderseitigen Venae vertebrales.

Der Harn zeigte keine Gallenfarbstoffreaction.

Auch bei der Einspritzung von filtrirter Ochsengalle in der gewohnten Concentration waren in einem Falle bis zum Tode 3 Woon'sche Spritzen, sonach 0,045 Gramm trockene Galle erforderlich.

Auf jede der Einspritzungen traten Pulsverlangsamung und Athemkrämpfe ein, aber der Tod erfolgte erst durch Verschluss der pulmonalis in Folge Gerinnung nach der 3. Spritze.

Nach der 3 Einspritzung zeigte sich bei demselben Falle primär eine Herzbeschleunigung von

192 Pulsen in der Minute auf
216 » » »

dann folgte die gewohnte Verlangsamung:

192 Pulse in der Minute auf
172 etc. » »

## Resultate.

Unsere Galleninjectionen und Injectionen von gallensauren Alkalien bestätigen die älteren Resultate.

1. Nach Injection von Galle und gallensauren Alkalien tritt eine Verlangsamung der Herzbewegung ein. In einem Falle sahen wir dieser

Verlangsamung eine kurzdauernde Beschleunigung der Herzbewegung vorausgehen, sodass sonach auch die erste Einwirkung dieser Substanz, wie so vieler anderer, auf Nerven und Muskeln, speciell auf das Herz, eine erregende, dann erst eine deprimirende zu sein scheint.

2. Nach der Injection von Galle in die Venen sahen auch wir Gallefarbstoff im Harne auftreten.

Nach Injection von Gallensäuren wurde diese Harnveränderung von uns nicht beobachtet.

In Beziehung auf den durch Galleinjection rasch eintretenden Tod meist unter Erscheinungen heftiger Athemnoth mit Krämpfen gelang es uns, die bisher noch nicht erkannte Ursache aufzufinden.

3. Der Tod tritt bei Injection von Galle und Gallensäuren in die Venen ein in Folge der dadurch hervorgerufenen Blutgerinnungen, welche für das Leben wichtige Gefässprovinzen, zumeist die Arteria pulmonalis, verstopfen.

Es ist nicht eine Wirkung der Galle oder der gallensauren Alkalien auf das Herz oder seine Ganglien, welche direct den Tod herbeiführt. Das Herz hat bei dem Eintritt des Todes seine Bewegungsfähigkeit noch nicht verloren, es schlägt entweder freiwillig nach dem Aufhören der Athmung noch fort oder ist wenigstens auf directen Reiz noch erregbar.

Der momentane, primäre Herzstillstand in Diastole nach Galleinjection hat meist einen mechanischen Grund in der übermässigen Ausdehnung des Herzens, zunächst des rechten, durch Blut, dem der normale Ausweg durch Trombose der Art. pulmonalis versperrt ist, eine häufige Ursache des Herzstillstandes, welche jedem Experimentalphysiologen geläufig ist. Nach der Entleerung des Blutes oder Blutgerinnsels fingen die Herzen wieder lebhafter zu schlagen an.

Offenbar haben wir hier als Todesursache dieselbe Erscheinung, die vor Kurzem auch bei der Injection von Blut beobachtet wurde, bei welchem man durch Gefrieren die Blutkörperchen zerstört, das Hämoglobin frei gemacht hatte [1]).

Die Galle und gallensauren Alkalien lösen die Blutkörperchen ebenso wie der Gefrierprocess. In den Portionen Blut, mit denen diese Stoffe direct in Berührung kommen, werden die Körperchen zerstört; dieses Blut wirkt dann auf weitere Blutportionen ein, wodurch die Gerinnung erfolgt. Fibrinogene und fibrinoplastische Substanz vereinigen sich zu Fibrin, die dadurch entstehenden Gerinnsel von grösserer oder geringerer Ausdehnung sind die directe Ursache des Todes in der oben angeführten Weise.

Durch unsere Versuche wird auch noch Licht geworfen auf die alten Beobachtungen Magendie's [2]), welche ergeben, dass 1 Gramm Galle rasch in die Vena cruralis eingespritzt, innerhalb weniger Augenblicke den Tod herbeiführe,

---

1) B. Naunyn, Beiträge zur Lehre vom Icterus, Archiv von Reichert und du Bois-Reymond, 1868, S. 404.

2) cfr. Magendie, Grundriss der Physiologie, übersetzt von Hüsinger, 1820. II. Bd. S. 225.

dass aber dieselbe Quantität wirkungslos sei, wenn sie in die Vena portae, also direct in die Leber, eingespritzt wurde.

Die Ursache für diese verschiedene Wirkung der Galle geht aus unserem Versuch Nr. VI hervor. Gerinnsel, die in weiter vom Herzen abgelegenen Gefässprovinzen entstehen, können nicht so momentan tödten wie Gerinnsel, welche sogleich die Arteria pulmonalis verstopfen. Pfortaderzweige können ganz verschlossen sein, ohne dass bei Thieren dadurch ein äusserlich erkennbares Symptom auftreten müsste, erst wenn losgerissene Gerinnsel etwa in die Lungenarterie gelangen, oder wenn solche, wie Versuch VIII lehrt, Gehirn und Rückenmarksgefässe verstopfen, wird von solchen entfernten Gefässprovinzen aus der Tod erfolgen können, wie er in unserem Versuch Nr. VI wirklich erfolgte.

Wir haben hier sonach keine specifische Verschiedenheit der Wirkung der Galle, je nach den verschiedenen Gefässprovinzen, in welche sie eingeführt wird, eine Vermuthung, die man zunächst auf das angeführte Versuchsergebniss gründen zu dürfen meinte, so lange die Todesursache durch Galle nicht bekannt war.

Es reihen sich diese unsere Versuche über die Gallewirkung auf das Herz und das Blut direct an die in Tetanus, Bd. I. S. 395 zusammengestellten an über den Einfluss des gallensauren Natrons auf die Erregbarkeit und Leistungsfähigkeit der Muskeln und Nerven, sowie an die an demselben Ort S. 444 und 445 veröffentlichten Resultate der Einwirkung derselben Substanz auf das electromotorische Verhalten des Muskels. Die electromotorische Wirkung von Muskeln, die mit Gallenauflösungen imprägnirt wurden, wurde zu 0 und erreichte sogar sehr bedeutende negative Werthe. Die Erregbarkeit stieg auch nach diesen älteren Versuchen etwas an.

Unsere dort, a. a. O. S. 397, in Uebereinstimmung mit Traube gegen Röhrich und Landois ausgesprochene Ansicht, dass die gallensauren Alkalien eine Wirkung zunächst auf die Herzmuskulatur ausüben, wird durch unsere neueren Versuche nicht alterirt. Wir bleiben auf derselben stehen.

Der plötzliche Tod durch Galleinjection bei Kaninchen steht aber mit dieser Alternation der Herz- und Gesammtmuskulatur des Thieres in keiner directen Beziehung. Das Herz fanden wir hier stets noch gut erregbar nach Sistiren der Athmung.

Aus einem der Versuche am Frosch, welcher a. a. O. S. 396 zuerst mitgetheilt wurde, ist ersichtlich, dass das Herz auch bei diesen Thieren noch kräftig seine Thätigkeit fortsetzen kann, wenn durch Galleinjection, die das Herz mit getroffen hat, die Muskeln des Stammes schon alle Reizbarkeit verloren haben.

---

Nachdem wir den Grund des plötzlichen Todes durch Galleinjection in einer Gerinnung im Blute des lebenden Thieres aufgefunden hatten, war es [illegible]lich, dass wir auf den Gedanken kamen, dass vielleicht auch noch eine [illegible]d anderer Substanzen, welche plötzlich tödten, wenn sie ins Blut ein[illegible]t werden, auf die gleiche Weise wirken.

[illegible]nächst dachten wir hier an die Kalisalze, nach deren Einspritzung

der Tod unter ganz ähnlichen Symptomen der Krämpfe und Erstickung eintritt, wie bei der Injection von Galle oder gallensauren Alkalien.

Diese Möglichkeit konnte a priori nicht von der Hand gewiesen werden, durch die Erinnerung daran, dass die Alkalisalze, und zwar auch die Kalisalze nach alter Erfahrung die Blutgerinnung verzögern.

Nach unseren Beobachtungen im »Tetanus« und den »Lebensbedingungen der Nerven« wird das endosmotische Verhalten der Gewebe durch die Kalisalze wesentlich verändert, und zwar analog wie durch das Absterben der Gewebe, welches bekanntlich auch unter ihrer Einwirkung sehr rasch erfolgt.

Es lag nahe, anzunehmen, dass die Blutkörperchen durch die Kalisalze ebenso getödtet werden, wie die anderen Gewebselemente, und dass sie dann die Gerinnung in derselben Weise wie sonst, nämlich durch Freigabe ihrer fibrinoplastischen Substanz auch im lebenden Organismus einzuleiten vermöchten.

Diese Annahme wurde durch die Beobachtung nicht bestätigt.

In den Herzen und Blutgefässen der durch Kaliinjection getödteten Thiere zeigte sich nirgends Gerinnung, die Arteria pulmonalis zeigte sich niemals verstopft: Dagegen war und blieb das Herz vollkommen bewegungslos und reagirte nicht mehr auf directen mechanischen oder electrischen Reiz.

Bei Kali erfolgt also die Erstickung durch momentanes Aufhören der Gesammtblutcirculation wegen Herzlähmung, im Gegensatz zu den Wirkungen der Galle und gallensauren Alkalien, welche den Tod zunächst herbeiführen durch Cessiren des Blutlaufes in einzelnen lebenswichtigen Organen. Der Erfolg ist äusserlich fast der gleiche.

Mit diesem einen negativen Resultate ist nicht ausgeschlossen, dass es nicht noch Agentien gebe, welche aus der gleichen Ursache wie die Gallenstoffe tödten. Die Frage verdient eine genauere Beleuchtung, vor Allem für die Zwecke der Pathologie und der Lehre von den Todesursachen.

## §. 2.

## Einwirkung des frischen Lebersecretes des Kaninchens auf seine eigene Herzbewegung.

Vom Verfasser und Dr. Sydney aus London.

Man hat vielfältig aus den Versuchen über Wirkung der Galleinjection auf die Herzbewegung im Zusammenhalt mit der bei starkem Icterus öfters, obwohl nicht constant zu beobachtenden Pulsverlangsamung den Schluss ziehen wollen, dass das frische Lebersecret, wenn es in den Blutkreislauf zurückkehrt, eine Pulsverlangsamung hervorrufen müsse.

Man glaubte wohl aus dem Mangel einer solchen Herzverlangsamung schliessen zu dürfen, dass keine Galle vom Darm aus, in den sie doch so reichlich ergossen wird, resorbirt werden könnte [1]).

1) cfr. Kühne, Physiologische Chemie, S. 104.

Wir haben diese Frage direct experimentell in Angriff genommen.

Bei einem Kaninchen wurde das frische Lebersecret gesammelt und demselben Thiere in die Vena jugularis wieder eingespritzt.

Vor der Einspritzung hatte das Herz

154 Pulse in 1 Minute.

Nach der Einspritzung hatte dasselbe

153 Pulse in 1 Minute

155 » » »

Es wurden nach und nach 5 Wood'sche Spritzen seines eigenen Lebersecretes eingespritzt, ohne dass sich an der Bewegung des Herzens irgend eine Veränderung zeigte!

Das frische Lebersecret bringt sonach — wegen seiner geringen Concentration — keine der bei Injection concentrirterer Gallelösungen in das Blut beobachteten Symptome hervor, wenn es demselben Thiere in die Venen eingespritzt wird, dessen Leber es secernirte.

Der Harn des Thieres zeigte sich nicht gallefarbstoffhaltig.

Der Einwand, der aus dem Fehlen der Galleintoxicationserscheinungen gegen die von Liebig erschlossene Resorption des Lebersecretes im Darm gemacht wurde, ist also nicht stichhaltig, wie das schon die bekannten Beobachtungen von Hoppe-Seiler über die Grösse der Abscheidung von Gallenbestandtheilen durch die Faeces, sowie die analogen von E. Bischoff mehr als wahrscheinlich machen.

Bei diesem Versuche wurde auch die Einwirkung des Lebersecretes, resp. Flüssigkeitseinspritzung in die Venen auf die Galleabsonderung beobachtet.

Es war bei der Operation der Gallenfistel eine Blutung eingetreten. In Folge davon war die Gallenabsonderung sehr unregelmässig und verlangsamt, durch die Injection der Galle in die Vene stieg sie aber rasch an, sodass nun je in 1 Minute 2 Tropfen Galle aus der Fistel ausgegeben wurden, während sich vorher die Tropfen in 2 Minuten langen Pausen einander folgten.

Der Versuch beweist sonach auch die Abhängigkeit der Gallenproduction von der im Gefässsystem enthaltenen Menge Flüssigkeit. Er ist den Beobachtungen über Steigerung der Harnproduction durch Flüssigkeitsinjection in die Venen vollkommen analog.

# Schlusscapitel.

## §. 1.

### Der Functionswechsel der Organe.

Blicken wir noch einmal in Kürze auf die durch nachstehende Untersuchung gewonnenen Resultate zurück.

Wir gingen von dem Gedanken aus, dass wir das Blut als einen der Hauptrepräsentanten zweier Stoffwechselfactoren im Sinne der Ernährungsgesetze von v. Bischoff und Voit ansprechen dürfen.

Abgesehen von dem Nerven als vierten Stoffwechselfactor, statuiren v. Bischoff und Voit wie wir schon in der Einleitung S. 2 und 3 in Erinnerung gebracht haben, als Hauptfactoren des Stoffwechsels: Organ, Plasma und Sauerstoff.

Das Blut ist der Träger des Sauerstoffs. Es strömt aber noch weiter theils selbst als Ernährungsflüssigkeit (Plasma) den Organen zu, theils regulirt es durch seinen Zufluss den »intermediären Säftekreislauf«, der in seiner Intensität in einem bestimmten Organ von dem Blutzufluss direct abhängig ist. Wir haben sonach in dem den Organen zuströmenden Blute

1) ein absolutes Maass für die dem Organ zur möglichen Verwendung zukommende Sauerstoffmenge,
2) ein relatives Maass für die dem Organ zuströmende Plasmamenge, der Menge des circulirenden oder Vorrathseiweisses nach C. Voit. Das Blut ist ein Haupttheil des circulirenden Eiweisses, wie schon der Name des letzteren vermuthen liess.

Denken wir uns zunächst den Einfluss, den das Organ selbst auf den Stoffwechsel ausübt, constant, so ist uns das dem Organ zukommende **Blut ein Maass des Organstoffwechsels.**

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend haben wir zunächst im ruhenden Thiere die Blutvertheilung in den Organen studirt. Wir haben, zum Theil ältere Beobachtungen bestätigend, gefunden, dass in Hinsicht auf den Blutreichthum und somit auch auf den Organstoffwechsel im ruhenden animalen Organismus die wesentlichsten Differenzen existiren. Wir konnten eine Scala aufstellen, nach welcher wir, von den blutärmsten Organen ansteigend bis zu den blutreichsten, den Hauptorganen ihren Platz je nach der relativen Intensität ihres Stoffwechsels anweisen konnten. Es stellte sich das wichtige, aber gewiss nicht unerwartete Resultat heraus, dass im ruhenden animalen

Organismus der Bewegungsapparat, der die Hauptmasse des Körpers ausmacht, einen relativ weit geringeren Stoffwechsel erkennen lässt als der Drüsenapparat.

Aus den Organstoffwechseln setzt sich der Gesammtstoffwechsel des Organismus zusammen. Aus der relativen Höhe jedes einzelnen Organstoffwechsels, für dessen Maass wir den Blutgehalt betrachteten, im Zusammenhalt mit dem relativen Organgewichte konnten wir einen Schluss machen auf die relative Betheiligung verschiedenen Organe am Gesammtstoffwechsel des ruhenden Thieres.

Nachdem wir für den ruhenden animalen Korper einen Einblick in die Grösse der verschiedenen Organstoffwechsel gewonnen hatten, wendeten wir uns der weiteren Frage zu, in welcher Weise unter dem Einfluss der Thätigkeit der Hauptmasse der Körperorgane, der Bewegungsapparate, sich die Einzelstoffwechsel der Organe verändern. Auch hier benützten wir vorerst die Blutmenge der Organe als Maass ihres Stoffwechsels.

Nachdem wir constatirt hatten, dass durch die Muskelarbeit nicht etwa mehr Blut erzeugt, sondern im Gegentheile zunächst Blut verbraucht wird, fanden wir weiter, wofür ältere Versuche schon sprachen, dass durch die Muskelthätigkeit die Blutvertheilung im Organismus und damit die Betheiligung der einzelnen, mehr oder weniger Blut als in der Muskelruhe erhaltenden Organe am Gesammtstoffwechsel eine wesentlichste Aenderung erfährt. Die Blutmenge in den **Bewegungsorganen** des Körpers und damit ihre Betheiligung am Gesammtstoffwechsel nimmt, **wenn sie Arbeit verrichten,** beträchtlich **zu,** die Blutmenge in dem **Drüsenapparate** und damit seine Betheiligung am Gesammtstoffwechsel nimmt dann gleichzeitig entsprechend **ab.**

Wir haben damit den Eingangs vermutheten **Thätigkeitswechsel oder Functionswechsel der Organe** erwiesen. Während eine Organgruppe oder ein Organ in gesteigerter Thätigkeit ist, ist die Thätigkeit der anderen (oder eines anderen) entsprechend vermindert. Die Menge des zersetzbaren Blastems (Plasmas, circulirenden Eiweisses) bleibt sich gleich, aber seine Zersetzung findet je nach der Ruhe oder Thätigkeit der einzelnen Organe abwechselnd an verschiedenen Orten in gesteigerter oder verminderter Intensität statt.

Wir waren im zweiten Abschnitte unserer Untersuchungen im Stande, die Gesichtspunkte, welche wir zur Beurtheilung der verschiedenen und je nach der Thätigkeit der Organe wechselnden Intensität des Organstoffwechsels aus dem Studium des Blutreichthums der Organe gewonnen hatten, nun auch direct an der Betheiligung der Hauptorgangruppen, Bewegungsapparat und Drüsen, am Gesammtstoffwechsel zu studiren. Die Resultate über die Betheiligung des Bewegungsapparates und der Drüsen an der Kohlensäureausscheidung des animalen Organismus, sowie an der Ausscheidung stickstoffhaltiger Stoffwechselproducte im Harne, die Organwägungen bei verschiedenen Thieren und Lebensaltern bestätigten vollkommen unsere für den ruhenden Organismus gewonnenen Resultate. Untersuchungen über die Leber- und Nierensecretion bei Ruhe und Thätigkeit der Bewegungsorgane des Körpers ergaben

dass diese Drüsenfunctionen sinken und ansteigen, je nachdem die Thätigkeit der Bewegungsorgane zu- oder abnimmt.

Damit war der Beweis eines **Thätigkeitswechsels oder Functionswechsels der Organe** nach einer zweiten Methode erbracht.

Eine Anzahl weiterer mehr oder weniger wichtiger physiologischer Beobachtungen ergaben sich neben dem Hauptthema unserer Untersuchungen.

Als ein Hauptresultat unserer Forschung bleibt aber der geführte **Beweis** eines Wechselverhältnisses in der Thätigkeit der Organe, welches man bisher schon öfters aus einer Anzahl gelegentlicher Beobachtungen als vorhanden angenommen hatte.

Unsere nun definitiv bewiesene Anschauung kann z. B. in Beziehung auf den Thätigkeitswechsel der Organe hypothetisch kaum bündiger ausgesprochen werden, als das neuerdings von C. Voit geschehen ist[1]:

»Je nach der Intensität der Säfteströmung richtet sich die Zersetzung in jedem Organe. Indem durch eine Drüse, einen Muskel bei der Thätigkeit **mehr Blut** läuft als bei Ruhe, vertheilt sich das Blut und die **Zersetzung** zu verschiedenen Zeiten im Körper höchst ungleich. Wenn wir in voller Verdauung begriffen sind, finden wir die Gefässe des Darms und seiner Drüsen strotzend mit Blut gefüllt, ein ansehnlicher Bruchtheil des Gesammtblutes wird dahin abgeleitet, um die mannigfaltigsten Geschäfte zu übernehmen; wir sind dann nicht im Stande andere körperliche oder geistige Arbeit zu leisten, wenn wir nicht die Verdauung unterbrechen wollen. Bei anstrengender Thätigkeit der Muskeln kann die unseres Gehirns« (und setzen wir hinzu: unserer Drüsen) »nicht so lebhaft sein.«

## §. 2.

### Physiologische Consequenzen des Thätigkeitswechsels der Organe für die Anschauungen über den Gesammtstoffwechsel.

Der Thätigkeitswechsel der Organe, dessen Beweise die vorliegenden Untersuchungen zunächst erbracht haben, ist also eine alteingebürgerte, oft gemachte Annahme der Physiologen und Aerzte. Aus den angeführten Angaben geht hervor, dass schon vor uns Andere (z. B. C. Voit) die wechselnde Blutmenge die einem jeden Organ je nach seiner Thätigkeit zur Verfügung steht, als den Hauptfactor für den Organstoffwechsel hypothetisch angesprochen haben. Um so leichter werden vielleicht die aus dem nun geführten Nachweis mit Nothwendigkeit sich ergebenden Folgerungen Eingang finden.

Schon in der Einleitung haben wir ausgeführt, welche wichtigen Consequenzen für die Fragen des Gesammtstoffwechsels der Nachweis des Thätigkeitswechsels oder Functionswechsels der Organe haben müsse.

1) In einer Rede zur Feier des 109. Stiftungstages der kgl. Akademie der Wissenschaften zu München am 28. März 1868 (»Ueber die Theorien der Ernährung«), S. 35.

Der Nachweis des Thätigkeitswechsels der Organe spricht zunächst, wir wiederholen es, den allgemeinen Stoffwechselversuchen, wie sie bisher angestellt und verwerthet wurden, die Fähigkeit ab, an sich über die Grösse des Stoffwechsels der Einzelorgane irgend Etwas auszusagen.

Wir haben bisher aus den allgemeinen Stoffwechselversuchen nicht erfahren noch erfahren können, in welcher Intensität die Einzelorgane sich an dem Gesammtstoffwechsel betheiligen, aus welchen einzelnen Factoren sich derselbe zusammensetzt [1]).

Diese negative Erfahrung gewinnt praktische Bedeutung, wenn wir nach ihr die bisher gemachten Versuche zur Bestimmung der Intensität des Organstoffwechsels aus den Resultaten des Gesammtstoffwechsels beurtheilen.

Hier sind nochmals vor Allem die Schlüsse zu nennen, die, wie in der Einleitung schon ausgeführt, aus der Intensität des Gesammtstoffwechsels auf die Intensität des Muskelstoffwechsels bei Ruhe und Arbeit der Muskeln gezogen wurden.

Alle diese Schlüsse, soweit sie allein auf die Resultate der allgemeinen Stoffwechselversuche basiren, müssen wir nun als unzulässig bezeichnen.

Die oft genannten Untersuchungen C. Voit's haben, im Gegensatz zu den bis dahin herrschenden Meinungen, den grundlegenden Nachweis geführt, dass der Gesammtstoffwechsel bei Muskelarbeit nicht der geleisteten Arbeit proportional gesteigert werde. Es ist uns gelungen, diese auffallende Thatsache zu erklären.

Die Erklärung für dieselbe liegt nun bewiesenermassen in der Abwechselung, welche die ruhenden und arbeitenden Organe in der Intensität ihres Stoffwechsels erkennen lassen, einestheils wegen der Veränderung der Zufuhr von Sauerstoff und Plasma (= circulirendes Eiweiss und Blut), die zu den arbeitenden Organen grösser, zu den zu gleicher Zeit ruhenden entsprechend geringer ist (allgemeine Compensation, Thätigkeitswechsel der Organe), anderen Theils wegen der schon in früheren Untersuchungen von uns erkannten localen Compensationen als Wirkung der ermüdenden Stoffe, welche letztere, wie wir zeigen konnten, in geringen Mengen die Intensität des Stoffumsatzes im Organe steigern, in grösseren Mengen sie dagegen herabsetzen [2]).

Durch diese Compensationen muss nothwendig der Einfluss des gesteigerten Stoffwechsels der thätigen Organe auf den Gesammtstoffwechsel verwischt werden. Berücksichtigen wir noch weiter die Erfahrung, dass neben der Verminderung der Blutzufuhr und der dadurch herbeigeführten Herab-

---

1) Würden wir mit Bestimmtheit constatiren können, wo die einzelnen Stoffwechselproducte im Organismus entstehen, so wäre es theoretisch denkbar, dass wir aus der relativen Quantität derselben Etwas über die Einzelstoffwechsel der Organe erfahren könnten. Practisch ist aber dazu, etwa die Harnsäure ausgenommen, deren relative Zunahme im Harn mit der gesteigerten Betheiligung der Drüsen am Stoffwechsel (der Kinder) wir oben neuerdings nachgewiesen haben, vorerst wenig oder keine Aussicht.

2) J. Ranke, Tetanus, 18. Capitel, S. 450–459.

setzung des Organstoffwechsels der gleichzeitig ruhenden Organe bei der erhöhten Muskelthätigkeit auch eine allgemeine Beschleunigung der Blutcirculation, eine Steigerung der Frequenz und Tiefe der Athemzüge und damit eine schwankende allgemeine Steigerung des Gesammtstoffumsatzes aus Ursachen erfolgt, welche bis zu einem gewissen Grade unabhängig neben der Muskelthätigkeit hergehen und um so grösser sind, je weniger der Organismus an eine starke Muskelaction gewöhnt ist, so ergibt sich klar, dass die Verhältnisse, unter deren Einwirkung der Gesammtstoffwechsel steht, viel zu complicirt sind, um uns irgend welche berechtigte Schlüsse zu gestatten auf die schwankende Intensität der einzelnen Organstoffwechsel.

## §. 3.

## Der Nerve als vierter Factor des Stoffwechsels.

Um speciell die Frage zu entscheiden, ob die Muskelaction mit einem Mehrverbrauch von Stoffen im Stoffwechsel zum Zweck der Erzeugung der Muskelkraft verbunden sei, erscheinen nun die allgemeinen Stoffwechselversuche, wegen der bestehenden positiv und negativ wirkenden Compensationen nicht mehr verwendbar, die nach dieser Richtung aus ihnen gezogenen Schlüsse haben ihre Tragweite verloren.

Dasselbe gilt von den Einwürfen, die man von Seite der allgemeinen Stoffwechselversuche vor dem Nachweis der wirksam werdenden Compensationen auf die Bedeutung

**des Nerven als 4. Factor des Stoffwechsels**

glaubte ableiten zu müssen.

C. Voit bestritt bekanntlich nach seinen Untersuchungen [1]) die Rolle des Nerven als Factor des Stoffwechsels, welche Rolle ihm in den Untersuchungen über die Ernährung des Fleischfressers von v. Bischoff und C. Voit gemeinschaftlich zuerkannt waren.

An letzterem Orte S. 16 heisst es über die Betheiligung der Nerven am Stoffumsatz: »dass dem Organismus keine zu Bewegungseffecten verwendbare Kraft zu Gebote steht, als eine solche, welche durch Umsetzung der betreffenden Organe frei wird.« — »Wollen wir also im Organ irgend einen Bewegungseffect hervorbringen, so müssen wir eine Umsetzung in der Materie des Organs bewirken, und unsere Erklärung des Zustandekommens der Bewegung muss auf die Erklärung des Zustandekommens der Umsetzung ausgehen.«

»Es ist nun keinem Zweifel unterworfen, dass die Nerven diesen Einfluss ausüben. Durch ihre vom Willen oder anderartig hervorgerufene Action wird die Umsetzung des Organs herbeigeführt und bestimmt und dadurch die Kraft frei, welche nun in den Bewegungen sich manifestirt. Wir zweifeln nicht daran, dass diese Action der Nerven, dieser Einfluss, den sie auf die Umsetzung des Organs ausüben, in der Mittheilung einer Bewegung, gleichsam in einem Stosse besteht, der die Anordnung der Moleküle des Organs ändert. Wir sind

1) C. Voit, Untersuchungen über den Einfluss etc.

der Ansicht, dass diese Bewegung in den Nerven sich unter anderen in der veränderten Lagerung der electrischen Molekülo des Nerven manifestirt, die wir durch die vortrefflichen Untersuchungen DU BOIS' kennen gelernt haben.«

»Der Nerve ist also ein anderes Moment, ein **vierter Factor**, welcher auf die Umsetzung der stickstoffhaltigen Organe einwirkt, neben dem Sauerstoff dem Blastem und der Masse des Organs selbst.«

Nach den mehrfach erwähnten Untersuchungen über Kochsalz, Kaffe und Muskelarbeit, welche einige oft behauptete Wirkungen der beiden letztgenannten Einflüsse auf den Gesammtstoffwechsel nicht bestätigen konnten, wurde von C. VOIT der Einfluss des Nerven auf die Grösse des Organstoffwechsels, wie schon bemerkt, geläugnet.

Seite 227 der oben angeführten Untersuchungen finden wir folgende hierher zu beziehende, bemerkenswerthe Stelle:

»Der Nerv, wenigstens der motorische, vermag also **nicht** auf die chemische Zersetzung im Körper zu influiren. Es hätte jedenfalls höchst complicirter Vorgänge dazu bedurft, da durch die Arbeit von den Hauptfactoren des Umsatzes nur der Sauerstoff in seiner Quantität geändert wird. Man hätte sich denken müssen, dass der Wille auf unbekannte Weise zuerst mehr Blastem und mehr Sauerstoff herzieht, dann die Verbrennung geschieht und daraus erst die Kraft für die Muskelcontraction verfügbar wird. Dieser Umweg wird nicht eingeschlagen, sondern es ist die bewundernswerthe Einrichtung getroffen, dass bei der Eiweisszerstörung immer ein bestimmter Theil des Spannvorrathes zu electrischen Strömen wird, die durch unseren Willen (?) eine andere Richtung annehmen und zur Bewegung der Materie dienen. Wenn wir andere Nerven ganz entschieden auf die Ernährung und Absonderung von Einfluss sehen, so geschieht dies wahrscheinlich nur secundär, indem sie primär die drei Factoren des Stoffwechsels ändern, vor Allem den Zufluss von Blastem, vielleicht durch eine Aenderung im Lumen der Gefässe oder durch eine Modification der physikalischen Eigenschaften der Membranen.«

Das, was im Vorstehenden nur für den Drüsennerven als möglich angenommen wird, ist nun auch für den motorischen Nerven erwiesen. Dieser zieht wirklich mehr Blastem und Sauerstoff (Blut) herbei und ermöglicht dadurch eine fortgesetzte Steigerung der Stoffzersetzung im arbeitenden Organ, die auch ohne Neuzufuhr und Ersatz vom Blute aus, aber natürlicher Weise dann nur in engeren Grenzen, erfolgt.

Der Nerve ist also vor Allem ein Factor der Organernährung, erst in zweiter Linie ein Factor des allgemeinen Stoffumsatzes. Er regulirt den localen Stoffwechsel, indem er die beiden beweglichen Stoffwechselfactoren (Plasma und Sauerstoff) je nach dem Arbeitsbedürfniss dem Organe in grösserer oder geringerer Menge zuführt. Doch dürfen wir nicht vergessen, dass er auch das Organ selbst durch chemische und physikalische Veränderungen, die er in ihm einleitet, umgestaltet und schon dadurch einen gesteigerten Stoffumsatz in demselben ermöglicht.

Vom motorischen Nerven wird zunächst ein Antrieb zur Zersetzung (ein Stoss BISCHOFF und VOIT) auf den Muskel ausgeübt, der zuerst zur Bildung von

Fleischmilchsäure führt (DU BOIS REYMOND), unter deren Einwirkung als Reiz die Muskelcontraction stattfindet. Die Kraft zur Muskelaction wird geliefert zum Theil durch eine direct ad hoc gesteigerte Zersetzung der Muskelstoffe. Die Milchsäure bewirkt, wie oben angegeben, neben der Reizung, in geringen Quantitäten im Protoplasma des Muskels sich anhäufend, auch eine Steigerung des organischen Stoffzerfalles (Gährung). Gleichzeitig steigert dieselbe Milchsäure im Muskel die Fähigkeit der Stoffaufnahme durch Diffusion und modificirt die physikalischen Eigenschaften der Membranen und des Protoplasma, wodurch nicht nur Bewegungskräfte zur Verwendung frei werden, sondern auch die unter der Nervenwirkung nun gleichzeitig reichlicher zuströmende Blastem- und Sauerstoffquantität in den thätigen Muskel in reichlicherer Menge einzudringen vermag als in den unthätigen. Das alkalische Blastem neutralisirt (wobei Kraft frei werden muss) die bei der Muskelaction entstandenen oder activ gewordenen Säuren; der gesteigerte Stoffaustausch führt die ermüdenden Stoffe, die gebildeten Neutralisationsproducte derselben fort. Neuer Nervenantrieb bringt neue Thätigkeit des Muskels, und da nun nach der gesteigerten Zufuhr von Blut sogleich mehr Blastem und Sauerstoff zur Verfügung steht, kann es uns nicht verwundern, wenn wir durch die Muskelthätigkeit selbst die Fähigkeit zur Muskelaction gesteigert sehen.

Bei dem aus dem Organismus entfernten, ausgeschnittenen Muskel sind die Vorgänge principiell in Nichts von den eben geschilderten verschieden. In den Blutgefässen und Lymphbahnen, in seinem Protoplasma besitzt der Muskel noch einen Vorrath von Blastem und Sauerstoff, er ist auch im Stande, letzteren in geringeren Mengen aus der Luft zum Zweck seiner physiologischen Stoffzersetzung aufzunehmen [1]. Sehr viel enger sind natürlicherweise die Grenzen der Thätigkeit gesteckt, bald häuft sich, bei mangelndem Stoff zur Neutralisation und bei Ausgleichung des Gehaltes des Muskelplasma und der Ernährungsflüssigkeiten an ermüdenden Stoffen und der Neutralisationsproducte derselben durch Diffusion, z. B. die Milchsäure in so reichlicher Menge an, dass die Reaction des Muskels eine saure wird, und dass die Säure, welche anfänglich die physiologische Stoffzersetzung (Gährung) erhöhte, nun sie vermindert. Dadurch nimmt zuerst die Thätigkeit des Muskels ab, dieser ermüdet, endlich hört seine Fähigkeit zur Contraction vollkommen auf. In dem ausgeschnittenen Muskel selbst sind aber noch Bedingungen zur Wiederherstellung der Bewegungsfähigkeit gegeben. Das neutrale Kreatin z. B. kann unter der Säurewirkung zum Theil in das alkalische Kreatinin übergehen und neutralisirt dabei einen grösseren oder kleineren Theil der ermüdenden Säure. Die wiederherstellende Wirkung des Kreatinins nach künstlicher Ermüdung der Muskeln wurde durch unsere Experimente bewiesen [2]. Zu einer so vollkommenen Ermüdung kommt es bei Muskeln, die noch Blutzufluss besitzen, nur unter den extremsten Verhältnissen. Die extreme Ermüdung geht dann sofort in die ebenfalls durch die Säurewirkung verursachte Todtenstarre über. Wir sehen das bei

1) J. RANKE, Lebensbedingungen der Nerven, S. 28—34.

2) Tetanus; S. 869. Daraus, dass das Kreatinin im tetanisirten Muskel nicht vermehrt gefunden wird, kann kein Einwurf gegen diese Annahme erhoben werden, da, wie unten ausgeführt werden soll, das gebildete Kreatinin weiter zersetzt wird.

Froschmuskeln und ganzen Fröschen, die electrisch bei Sommertemperatur langsam bis zur Reactionslosigkeit electrisirt wurden. Dasselbe sah ich bei zu Tode tetanisirten Kaninchen. Es ist bekannt, dass unter starken Krämpfen Gestorbene die Todtenstarre rasch zeigen, dasselbe weiss man von gehetztem Wild. Die Beobachtungen auf den Schlachtfeldern von Todtenstarre, im Moment des Todes eingetreten, zeigt, dass auch bei dem Menschen die extremste Ermüdung, veranlasst durch Ueberanstrengung, die durch höchste Erregung in der Schlacht ermöglicht ist, direct in die Starre übergehen kann.

Von der Säure, welche wir bisher für die Lebenserscheinungen des Muskels so wichtig fanden, hängt nach den Untersuchungen des Verfassers [1]), auch nicht nur die electrische negative Schwankung des Muskel- und Nervenstroms, sondern auch die Verminderung der electromotorischen Wirkung dieser Organe durch Tetanus (electrische Nachwirkung des Tetanus) sowie die definitive Vernichtung der electromotorischen Wirkung der electrischen Organe durch das Absterben ab. Durch die Untersuchungen von Röber [2]) aus dem Laboratorium E. du Bois-Reymond's haben die experimentellen Angaben des Verfassers über die Wirkung der bei der Muskelaction entstehenden Säure auf das electromotorische Verhalten des Muskels in neuester Zeit volle Bestätigung erfahren.

Schmulewitsch hat gezeigt, dass auch die Zunahme der Dehnbarkeit der Muskeln in Folge der Contraction eine Wirkung der im Muskel auftretenden ermüdenden Stoffe sei [3]).

Alle Veränderungen, welche das physiologische Verhalten des Muskels bei und in Folge der Contraction zeigt, sind damit auf die Wirkung der ermüdenden Stoffe zurückgeführt, von denen die Milchsäure am wichtigsten erscheint und bis jetzt am genauesten in ihren Wirkungen untersucht ist.

Die Milchsäure selbst bildet sich im Muskel unter der Einwirkung des gereizten Nerven in der nothwendigen Menge, um die genannten Wirkungen, zuerst die Ausübung der Protoplasmareizung zu entfalten.

Nach unseren Untersuchungen unterliegt es nun keinem Zweifel mehr, dass auch der auf die Nerven von den Centralorganen ausgeübte Reiz ein chemischer ist und auch auf das Auftreten einer Säure in den Ganglienzellen zurückgeführt werden kann. Welcher Art diese Säure in den Nervencentralorganen ist, ist noch nicht erforscht. Manches spricht für die Anwesenheit des Myosins in dem Protoplasma der Nervenzellen, so dass man auch an analoge Zersetzungsvorgänge wie im Muskel denken und das Auftreten von Fleischmilchsäure möglich finden kann. Bekannt sind die sauren Zersetzungsproducte des Protagons, von denen man sich unter Anderem ebenfalls die saure Reaction der Nervensubstanz ausgehend denken könnte. Jedenfalls ist aber festgestellt, dass bei der Erregung der motorischen Nerven der auf sie central ausgeübte Reiz ebenfalls eine Säure ist. Sie erregt in den Nerven die negative electrische Schwankung, wonach im Muskelprotoplasma durch

1) Tetanus, S. 404—449 und Lebensbedingungen der Nerven, S. 124—181.

2) Archiv von Reichert und du Bois-Reymond, 1870, S. 645—644.

3) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.

electrische Spaltung der Muskelsubstanz?), zunächst die reizende Säure gebildet wird, in deren Gefolge alle übrigen chemisch-physikalischen Erscheinungen der Contraction auftreten.

In dem Mitgetheilten finden sich einige Bausteine zu einer Theorie der Muskelaction, die als letztes Ziel unseren Studien über Tetanus vorschwebt. Zunächst werden sich unsere Experimente nun zur Erklärung der Ursachen und des Wesens der Gestaltsveränderung des gereizten Protoplasmas zu werden haben, sowie zu der Frage über die Art und Weise, wie dabei die Kraftübertragung in äussere Arbeit stattfindet.

## §. 4.

## Ueber Kraftquellen der Muskelaction.

### *a.* Physikalische Kraftquellen.

Man hat bisher gewöhnlich die Kraftquellen der Muskelaction direct in chemischen Stoffumsetzungen zum Zwecke der Muskelarbeit gesucht [1]).

Sicher werden aber die chemischen Umsetzungen, welche die Kraft der Muskeln liefern, zum Theil nicht erst in dem Augenblicke gemacht, in welchem die Muskelcontraction erfolgt. An der allgemeinen Kraftproduction des arbeitenden Muskels betheiligen sich auch Spannkräfte, welche durch **physikalische Veränderungen der Organstructur der Muskelfaser** frei und verwendbar werden.

Das normale physikalische Verhalten des Muskels wie seine Elasticität und Dehnbarkeit, seine Imbibitionsfähigkeit sind als Folgen seines normalen Stoffumsatzes im ruhenden Zustande aufzufassen. In der Cohäsion der Moleküle des ruhenden Muskels ist eine Kraftsumme aufgespeichert, welche durch plötzliche Veränderung in Folge äusserer Einwirkungen — Säuerung in Folge der Nervenaction — ausgelöst werden und zur Verwendung kommen kann. Die stärkere Dehnbarkeit des contrahirten Muskels, seine von uns erkannte höhere Imbibitionsfähigkeit beweist uns, dass wirklich Veränderungen in der Cohäsion seiner Moleküle, wodurch Kraft lebendig wird, eingetreten sind. Die Imbibition selbst liefert Kräfte, die zur Muskelaction mit Verwendung finden können. Die Imbibition besteht nach den neuesten Versuchsresultaten in einer Anziehung der Organtheilchen und der eindringenden Flüssigkeit gegen einander. Hiebei können ganz enorme Kraftmengen frei werden. Lufttrockene Stärke erwärmt sich mit Wasser von gleicher Temperatur um 2—3°C., woraus die Annahme gestattet scheint, dass das imbibirte Wasser sich verdichtet

---

1) Eine andere, mehrfach im Vorstehenden erwähnte Annahme, die man auf das annähernde Gleichbleiben des Gesammtstoffwechsels bei der Thätigkeit der Muskeln und Nerven zu gründen versucht hatte, ist die oben angeführte, dass zum Zwecke der Arbeitsleistung electrische Ströme zur Verwendung kämen.

(Junge in Poggend. Ann. 1865, Bd. 125, pag. 292 ff.). Nach Jamin kann die Imbibitionskraft der Stärke und des Holzes zu 5—6 Atmosphärendruck angeschlagen werden. H. Quincke fand auch für animale Stoffe: gekochtes Hühnereiweiss, Rippenknorpel, Harnblasenwand, Sehnen, elastisches Gewebe, dass sie das imbibirte Wasser verdichten, was er auch für trockenen Leim, Gummi arabicum und pulverförmige Kieselsäure nachweisen konnte [1]). Ueber die Höhe der anziehenden Kräfte bei der Imbibition lebender animaler Substanzen fehlen noch die Angaben.

Wir begnügen uns hier mit dem Hinweis auf bisher nicht oder wenig erörterte Kraftquellen für die Muskelaction, indem wir noch einmal direct darauf aufmerksam machen, dass auch sie »ausgelöst« werden durch das Auftreten der Milchsäure im Muskel, und dass die bekannte Weber'sche Theorie, welche die Muskelcontraction auf die Veränderung der elastischen Kräfte des Muskels zurückführt, mit unseren Experimentalergebnissen direct sich vereinigen lässt.

### *b.* Chemische Kraftquellen.

In der Einleitung wurden die Hauptgesichtspunkte gegeben für die Beurtheilung der chemischen Vorgänge, welche bei der Muskelaction Kraft zu liefern vermögen.

Es kann nun keinem Zweifel mehr unterliegen, dass wir Aufschlüsse über diese Frage nur aus der directen vergleichenden Beobachtung am ruhenden und tetanisirten Muskel gewinnen können.

Durch die Untersuchungen einer grossen Anzahl namhafter Forscher an ausgeschnittenen, der Circulation entzogenen Muskeln sind gewisse Veränderungen festgestellt worden, welche der Chemismus des Muskels durch seine Arbeitsleistung erfährt [2]).

Es ist theils eine Vermehrung gewisser Stoffe im Muskelsafte, theils ein Verbrauch von Stoffen in Folge des Tetanus nachgewiesen worden.

Mit voller Sicherheit ist Verminderung beobachtet, durch Controle verschiedener Beobachter bestätigt, und nie auf experimentelle Ergebnisse hin widersprochen worden:

1) des eiweissfreien Gesammtwasserextractes des Muskelsaftes: Entdecker ist Helmholtz; bestätigt wurde die Entdeckung von J. Ranke und neuerdings von Heidenhain mit F. Niegetiet und S. Hepner [3]).

2) des Gesammteiweisses des Muskels: Entdecker ist J. Ranke; bestätigt wurde die Entdeckung nach einer vollkommen abweichenden Methode von Nawrocki [4]).

1) Pflüger's Archiv III, S. 332 ff.

2) Die Resultate dieser Untersuchungen, die wir im Allgemeinen als bekannt voraussetzen dürfen, finden sich meist zusammengestellt in unseren früheren Untersuchungen über Tetanus, sowie in Kühne's Lehrbuch der physiologischen Chemie, S. 340 ff.

3) Pflüger's Archiv III, S. 574 f., auch Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1871, S. 81

4) Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1866. S. 385.

3) des Kreatins und Kreatinins[1]: Entdecker dieser gemeinsamen Verminderung, die auch durch Todtenstarre und Fäulniss erfolgt, ist C. Voit, die für Kreatin allein früher angegeben von Sorokin (Kühne). Nawrocki[2] beobachtete unter Heidenhain's Leitung, dass bei der Muskelarbeit keine Vermehrung des Kreatinins auf Kosten des Kreatins eintrete.

4) wird eine Verminderung behauptet: der flüchtigen[3] Fettsäuren (Sczelkow), was noch nicht bestätigt, aber auch nicht widerlegt wurde.

Dagegen wurden andere Stoffe bei Tetanus in Vermehrung gefunden. Diese Vermehrung kann einzig und allein in einer Umwandlung anderweitiger Muskelstoffe ihren Grund haben.

Vermehrt wurden gefunden:

1) die Fleischmilchsäure: Entdecker ist E. du Bois-Reymond, bestätigt von Funke und allen sich mit diesen Fragen beschäftigenden Autoren. In jüngerer Zeit wurde diese Fleischmilchsäureproduction näher untersucht von Heidenhain[4] und J. Ranke.

2) des Gesammtalkoholextractes: Entdecker ist Helmholtz; bestätigt wurde die Entdeckung von J. Ranke und neuerdings von Heidenhain und F. Niegetiet und S. Hepner[5].

Behauptet wird eine Vermehrung:

3) des Aetherextractes (Fettes),

4) des Zuckergehaltes: Entdecker von 3 und 4 ist J. Ranke. Eine experimentelle Bestätigung oder Widerlegung durch einen anderen Autor ist bisher noch nicht erfolgt.

Hier müssen auch noch erwähnt werden die Veränderungen, die der ausgeschnittene Muskel bei Tetanus in den Verhältnissen seiner Muskelrespiration besonders der Kohlensäureabscheidung erfährt (Mateucci, Valentin u. v. A.), welche letztere von allen Autoren vermehrt gefunden wurde. Die schon mehrmals erwähnten Untersuchungen in Ludwig's Laboratorium haben die ältere Behauptung erwiesen, dass auch der Sauerstoffverbrauch des contrahirten Muskels aus dem Blute ein grösserer ist als des ruhenden.

Auch die Vermehrung von Muskelstoffen bei Tetanus des ausgeschnittenen Muskels muss, wie gesagt, einer Verminderung der Muttersubstanzen der vermehrten Stoffe, einem Verbrauch derselben entsprechen.

Danach sehen wir bei Tetanus des Muskels zu Verlust gehen:

1) Eiweissstoffe,
2) (Eiweissfreie) Wasserextractivstoffe,
3) Milchsäure bildende Stoffe,
4) Kohlensäure bildende Stoffe,
5) Alkoholextract bildende Stoffe,
6) Kreatin und Kreatinin,

---

1) Zeitschrift für Biologie, Bd. IV, 1868, S. 87 ff.
2) Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1865, S. 417 f.
3) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv, 1864, S. 672.
4) Mechanische Leistung, Wärmeentwickelung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Ein Beitrag zur Theorie der Muskelkräfte. Leipzig 1864.
5) Cfr. oben Wasserextract.

7) Zucker und Fett bildende Stoffe,

8) Flüchtige Fettsäuren bildende Stoffe.

Diese Zusammenstellung scheint mit aller Bestimmtheit dafür zu sprechen, dass im Muskel Stoffe der verschiedensten Art zum Zwecke der Krafterzeugung verbraucht werden:

1) Albuminate (vielleicht sind sie zum Theil die Alkokoholextract bildenden, Fett bildenden und Zucker bildenden Stoffe),

2) krystallisirbare stickstoffhaltige Zersetzungsproducte der Albuminate (Kreatin und Kreatinin),

3) Milchsäure bildende und Zucker bildende Stoffe (wahrscheinlich zum grössten Theil Kohlehydrate, Glycogen, cf. Albuminate),

4) flüchtige Fettsäuren und flüchtige Fettsäuren bildende Stoffe, vielleicht zum Theil Fette.

**Alle Stoffgruppen**, welche überhaupt im Muskel vorkommen, betheiligen sich also nach den bisherigen Ergebnissen der Untersuchung an dem gesteigerten Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit, wie wir es schon in der Einleitung theoretisch am wahrscheinlichsten fanden.

Das Experiment selbst widerlegt sonach die Meinung, als ob den einzelnen Stoffgruppen, Albuminaten oder stickstofffreien Stoffen, eine besondere geheimnissvolle Fähigkeit zukomme, die bei ihrer organischen Stoffmetamorphose frei werdenden Kräfte in Muskelarbeit übertragen zu können.

Besonders beachtenswerth ist der Nachweis Voits, dass auch **Kreatin** und **Kreatinin**, Stoffe, denen man von der einen Seite einen hohen Werth für die Ernährung zuerkennt, von der anderen allen Ernährungswerth absprechen möchte, sich nachgewiesenermaassen an der Kraftproduction im arbeitenden Muskel betheiligen.

## §. 5.

## Modificationen der Ernährungstheorie.

Durch die neuen Beobachtungen in der Muskel- und Nervenphysiologie im Zusammenhalt mit den Ergebnissen der physikalischen Wärmetheorie werden wir zu Modificationen der älteren Anschauungen über Ernährung gedrängt.

Nach den neuen Auseinandersetzungen von J. von Liebig, welche mit den von A. Fick und Vierordt gegebenen [1]) vollkommen übereinstimmen, hat der Begriff der »plastischen und respiratorischen Nahrungsmittel«, namentlich in Beziehung auf die letzteren, eine Erweiterung zu erfahren.

J. v. Liebig geht in seinen neueren Darlegungen zunächst davon aus, dass in den sogenannten stickstoffhaltigen Zersetzungsproducten der primären Muskelbestandtheile, den stickstoffhaltigen Extractivstoffen, z. B. dem Kreatin, noch eine grössere oder geringere Kraftsumme enthalten sei, die zu den Zwecken der Muskelleistung noch theilweise Verwendung finden könnte.

1) Fick, Medicinische Physik, II. Auflage, S. 208 ff. — Vierordt, Physiologie des Menschen, 4. Aufl., S. 70.

C. Voit's angeführte Versuche über den Verbrauch von Kreatin und Kreatinin bei der Muskelthätigkeit liefern für diese Ansicht den experimentellen Beweis. Dass auch bei der Einführung des Kreatins und Kreatinins in den Magen und das Blut dieselben zum beträchtlichen Theil umgesetzt werden, beweisen die Versuche Meissner's für das Kreatinin, das ins Blut eingespritzt bald gänzlich verschwindet, und für beide Stoffe Voit's Fütterungsversuche, bei denen in 3 Versuchen von den verfütterten Stoffen verschwanden: I. 4%; II. 40%; III. 27%.

Fick beschränkt dagegen zunächst seine Angaben über Nahrungsmittel auf die Eiweissstoffe, Kohlehydrate und Fette, kommt aber im Allgemeinen zu denselben Schlüssen wie Liebig, Vierordt und wir.

Gehen wir noch etwas näher auf die vorliegenden Fragen ein.

Die Ernährung hat zwei verschiedene Zwecke, welche, wenn sie auch oft zusammenfallen, doch nicht immer zusammenfallen müssen.

Der eine Zweck ist:

der Aufbau und die Erhaltung des Organs, des Arbeitsinstruments,

der andere:

die Zufuhr und Verwendbarmachung von Spannkräften zur Unterhaltung der Kraftproductionen im Organe (Erzeugung von Wärme, Electricität, mechanische Arbeit etc.).

Nicht nothwendig müssen die Stoffe, welche den Organen verwendbare Spannkräfte liefern, auch zur Erhaltung und dem Aufbau des Organs beitragen.

Beide Ernährungsaufgaben sind aber von gleicher Wichtigkeit. Wir müssen die Stoffe, welche, ohne an dem Aufbau des Organes sich mitzubetheiligen, für die Organarbeit Kräfte zuführen und sich an dem Freimachen der Kräfte im Organe betheiligen, mit demselben Recht Nahrungsmittel nennen als die anderen, dem Organaufbau dienenden Substanzen.

Jedem Physiologen ist bekannt, dass das keine neue Lehre, dass das im Wesentlichen die alte Liebig'sche Theorie ist von den plastischen und respiratorischen Nahrungsstoffen, von den organbildenden und wärmebildenden Nährsubstanzen. Jetzt wird nur die Wärme als Gesammtrepräsentant aller vom Organismus erzeugten Kräfteformen betrachtet. Fick trennt in demselben Sinn wie wir die Nährstoffe in Brennmaterial und Material zum Ersatz abgenutzter Maschinentheile, indem er den Körper wesentlich als kalorische Maschine auffasst.

Die neuen Darstellungen Liebig's, Vierordt's und Fick's [1]) sind also in Consequenz mit Liebig's älterer Ernährungstheorie, wie es Fick direct ausspricht. Indem wir diese Theorie den neueren Erfahrungen der theoretischen Mechanik anpassen, der solche principielle Unterschiede für die Beurtheilung der einzelnen Kräfteformen und ihre Wirkungen vollkommen fremd sind, wie wir sie in den in der Einleitung dargelegten physiologischen Hypothesen antreffen, kommen wir zu diesen Modificationen.

Wir definiren jetzt:

---

1) a. a. O. S. 203.

Alle Stoffe, welche Spannkräfte enthalten, die der Organismus für seine Kräfteproduction frei machen kann, so wie die, welche diese Befreiung ermöglichen, sind **Nahrungsstoffe.**

Alle Substanzen, die sich an dem normalen Organaufbau betheiligen, auch wenn sie dem Organismus direct keine verwendbaren Spannkräfte liefern sollten, müssen ebenfalls als Nahrungsstoffe bezeichnet werden.

Unter diese Gesichtspunkte lassen sich alle organischen und anorganischen Nährstoffe vereinigen.

Differenzen in der Auffassung über den Nahrungswerth sind bekanntlich zunächst wegen der verschiedenen Beurtheilung des Nährwerthes des Liebig'schen Fleischextractes entstanden.

Nach den gegebenen Gesichtspunkten kann die Entscheidung dieser Streitfrage nun nicht mehr zweifelhaft sein.

Oft hört man neuerdings eine entgegengesetzte Ansicht aussprechen. Das Fleischextract verdanke seinen auffallenden Einfluss auf den Kräftezustand Geschwächter der Wirkung seiner Stoffe auf das Nervensystem: nur die Nerventhätigkeit werde durch den Genuss von Fleischextract oder Fleischbrühe gesteigert.

Dieser Einwurf scheint an jene jetzt doch wohl überwundene Zeit zu erinnern, in welcher man die Thätigkeit des Nervensystems von einem unbekannten, den Gesetzen der übrigen Natur nicht gehorchenden Agens, etwa von einer Lebenskraft ableitete.

E. du Bois-Reymond's Entdeckungen der thierischen Electricität haben uns gelehrt, dass die im Nerven entstehenden Kräfte den allgemeinen Gesetzen der Kräfteerzeugung und Kraftumwandlung gehorchen. Die Nervenkräfte entstehen im letzten Grunde auf dieselbe Weise durch Stoffumsatz aus den dadurch verwendbar werdenden Spannkräften, wie die Kräfte im Muskel, wie alle Kräfte im Organismus.

Man hat häufig die Erhöhung des Kraftgefühls durch gewisse Substanzen, z. B. durch die Fleischbrühe, falsch verstanden. Man will dem Fleischextract keine wirkliche Steigerung der für die Organe verwendbaren Kraftsumme, sondern eben nur eine Steigerung des mysteriösen »nervösen Kraftgefühles« zuschreiben. Was ist aber das Wesen des gesteigerten Kraftgefühls?

Es gibt zwei Momente, durch welche, abgesehen von dem Fleischextract, in ausgezeichneter Weise das »Kraftgefühl« des Menschen gesteigert wird; das ist erstens nach längerer Muskelruhe eine frische körperliche Bewegung, z. B. Fusswandern, Turnen etc., welche nach der Ueberwindung der ersten Müdigkeit ein allbekanntes, wohlthuendes Kraftgefühl hervorruft. Ein zweites Moment ist der Genuss des Kaffe's, der, vorzüglich nach Tisch getrunken, das Müdigkeitsgefühl zu vertreiben vermag.

Aber beide Momente wirken im gleichen Sinn: die Steigerung des Kraftgefühles ist in beiden Fällen verbunden mit einer Steigerung der Blutzufuhr (Plasma und Sauerstoffzufuhr) zu den Muskeln und damit mit einem gesteigerten Organstoffwechsel

derselben. Für den Kaffe sind die betreffenden Beobachtungen Voit's oben S. 92 angeführt.

Das gesteigerte Kraftgefühl beruht auf einer localen Steigerung der Ernährung und des Stoffwechsels, es entspricht also einer wirklich gesteigerten Leistungsfähigkeit der Muskeln und ihrer Nerven. Schon oben S. 93 wurde darauf hingewiesen, dass in analoger Weise die Entstehung des gesteigerten Kraftgefühls wohl immer aufgefasst werden müsse. Der Kaffe führt den Muskeln, wenn sie z. B. nach der Mahlzeit ihren relativen Mangel an Ernährungsmaterial zum Bewusstsein bringen, gesteigerte Mengen von Blut zu und steigert dadurch ihre Leistungsfähigkeit wie das Kraftgefühl; offenbar thut dasselbe die Fleischbrühe, wie sich schon aus der etwas erhöhten Hautwärme und der allbekannten Steigerung der Transspiration nach Fleischbrühegenuss ergibt.

Gerade in dem anormalen Darniederliegen des Organstoffwechsels der Muskulatur und des Herzens, wodurch in extremen Fällen fettige Degeneration, übermässige Anhäufung von Zersetzungsproducten mit allen daran sich knüpfenden Consequenzen (ermüdende Stoffe) erfolgt [1]), ist oft ein Hauptmoment der Gesundheitsstörung zu suchen. Der Mangel an der zur Gesundheit nöthigen Muskelaction ist viel häufiger, als man das bisher angenommen hat, eine mehr oder weniger gefährliche Complication anderer Krankheiten, die den Patienten ans Bett oder an die Stube fesseln. Fleischbrühe, Kaffe und gewiss noch eine Reihe anderer Heilnahrungsmittel ersetzen in Etwas die mangelnde Muskelbewegung, indem sie, wie diese, die Blutvertheilung regeln, die Blutmenge inneren Organen relativ entziehen.

In dieser Hinsicht darf auch noch auf die allgemeine Steigerung der Blutcirculation unter dem Einfluss derselben und anderer Agentien hingewiesen werden, welche bei einem (krankhaft) darniederliegenden Stoffwechsel eine vortheilhafte Steigerung desselben bewirkt durch reichlichere Durchströmung aller Organe, reichlichere Sauerstoffaufnahme, gesteigerte Abfuhr der schädlichen Zersetzungsproducte aus den Organen.

Wie schon oben angedeutet, hängt von der reichlicheren Blutzufuhr zu irgend einem Organe auch dessen Fähigkeit zu einer vorwiegenden Ernährung und gesteigertem Wachsthum ab. Eine local gesteigerte Blutzufuhr zu den Bewegungsorganen wird ebenfalls in diesem Sinne wirken, worauf zum Theil die von Kemmerich constatirte Wirkung des Fleischextractes auf die Fleischbildung beruhen mag. Umgekehrt ist das abnorm gesteigerte Wachsthum der Unterleibsdrüsen, vor Allem der Leber bei Muskelruhe auch als Resultat einseitig gesteigerter Ernährung zu betrachten.

So ist es uns denn auch durch diese Untersuchungen gelungen, scheinbar unvereinbare Beobachtungsresultate mit einander zu einer befriedigenden Einheit zu verbinden. Wir schliessen mit dem Satze, der keines Beweises bedarf, dass die wahren Ergebnisse exact angestellter Untersuchungen sich niemals widersprechen können.

---

1) Der Verfasser hat nachgewiesen, dass Muskeln, die mehr ruhen als andere, in demselben Organismus reicher an Extractivstoffen sind. Tetanus Bd. I. S. 123.

## Anhang zu §. 2. (Capitel V.)

Um den beobachteten Einfluss des Blutverlustes, welcher von uns bisher nur gelegentlich bei verunglückten Operationen bemerkt worden war, noch direct zu constatiren, wurde ein Versuch am Meerschweinchen angestellt, dessen Galleproduction ohne Blutverlust bestimmt wurde. Im Folgenden wird das Resultat mitgetheilt, das sich den bekannten Ergebnissen Heidenhain's anschliesst.

### Versuch
### über Gallenproduction unter dem Einfluss von Blutverlust.

Versuchsthier: Meerschweinchen.
Rohgewicht: 243,5 Gramm.
Reingewicht: 190,5 Gramm.
Lebergewicht: 9,5 Gramm.
Gewicht des Bewegungsapparates: 135,5 Gramm.
Gesammtblutmenge: 11,113 Gramm = 5,84% = $\frac{1}{17,1}$.

Nach einer vollkommen ohne Blutverlust geglückten Operation entleerte das Thier in der Ruhe

in 11 Minuten 0,210 Gramm feuchte Galle.

Nun wurde eine kleine Arterie am Mesenterium angeschnitten, aus welcher das Thier langsam blutete. Ohne Unterbrechung wurde die Galle fortgemessen. Während der ersten Zeit der Blutung schied das Thier aus

in 11 Minuten 0,120 Gramm feuchte Galle.

Die Gallenproduction ist also gesunken über die Hälfte, genau um

56,1%.

Nach diesen 11 Minuten hört die Gallenausscheidung vollkommen auf!

Die ausgeflossene Blutmenge wurde bestimmt, sie betrug

absolut 4,294 Gramm.

Der Gesammtblutgehalt des Thieres war

absolut 11,113 Gramm.

Die Galleproduction hörte also auf, als das Thier im Maximum verloren hatte 38,6%, d. h.

$\frac{1}{3}$ seiner Gesammtblutmenge.

Das Thier bewegte sich noch ganz lebhaft, sodass seine Muskel- und Nerventhätigkeit zur Zeit, als seine Leberfunction vollkommen sistirte, noch fast ungeschwächt vorhanden war.

Dieses Versuchsergebniss bestätigt sonach unsere zufälligen Beobachtungen über die Wirkung des Blutverlustes auf die Leberthätigkeit vollkommen.

Berechnen wir noch die Ausscheidungsmengen der Galle bei unserem Versuchsthiere nach den ersten 11 Ausscheidungsminuten.

Das Meerschweinchen schied danach aus:

| | | |
|---|---|---|
| in 1 hor. . . . . | 1,340 | Gramm feuchte Galle. |
| | 0,027 | » trockene Galle. |
| in 24 Stunden . . | 31,16 | » feuchte Galle. |
| | 0,62 | » trockene Galle. |

1 Kilogramm Meerschweinchen schied aus:

| | | |
|---|---|---|
| in 24 Stunden . . | 164 | Gramm feuchte Galle. |
| | 3,28 | » trockene Galle. |

1 Kilogramm Meerschweinchenleber schied aus:

| | | |
|---|---|---|
| in 24 Stunden . . | 328! | Gramm feuchte Galle. |
| | 7,56! | » trockene Galle. |

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

# DIE
# LEBENSBEDINGUNGEN
DER
# NERVEN.

NACH UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

LABORATORIUM DES REISINGERIANUM'S

IN MÜNCHEN

ALS FORTSETZUNG DER STUDIEN ÜBER TETANUS

HERAUSGEGEBEN VON

DR. JOHANNES RANKE,

PRIVATDOCENT DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1868.

# Vorrede.

Die vorliegende Untersuchung schliesst sich direkt als Fortsetzung an meine physiologischen Studien über Tetanus an.

Die zuerst für die Vorgänge im Muskel verwertheten Untersuchungsgedanken finden hier ihre Anwendung auf den Nerven, welcher bei jenen Beobachtungen nur gelegentliche Berücksichtigung fand.

Die Fragen, mit denen sich die folgenden Capitel beschäftigen, haben ihre eigenthümlichen Schwierigkeiten.

Die Nervenphysik, bis vor wenigen Jahrzehnten der dunkelste, ist jetzt der vollendetste Theil der gesammten Physiologie. Nach den grundlegenden und zugleich abschliessenden Untersuchungen der ausgezeichnetsten Forscher: eines E. du Bois-Reymond, Helmholtz, Pflüger u. A. bleibt nur noch eine Nachlese auf diesem Gebiete übrig.

Die Erkenntniss der hier obwaltenden Verhältnisse ist so weit vollendet, dass zur Aufstellung von Theorien zur Zusammenfassung der gefundenen Ergebnisse ganz im Sinne der physikalischen Theorien geschritten werden konnte.

Doch schon seit längerer Zeit wurden hie und da Meinungen laut, welche noch einen direkten Fortschritt der Nervenphysik erwarteten. Die Chemie sollte über die Ursachen der physikalischen Erscheinungen im Nervensysteme: über die Stimmungen der Nervenerregbarkeit, über Nervenreizung, über die Nervenelectricität noch nähere Aufschlüsse ertheilen, als sie uns durch die physikalischen Theorien gegeben werden. Niemand zweifelt an dem innigen Zusammenhange der physikalischen Lebenserscheinungen mit chemischen Vorgängen in den Geweben.

Wenn nun aber versucht werden soll, diesen nothwendigen Fortschritt mit Bewusstsein zu machen, so stellt sich nicht nur die Masse des durch physikalische Studien zu Tage geförderten wissenschaftlichen Materials, das che-

mische Erklarung fordert, als kaum zu bewältigend dar, auch die schon erfolgte theoretische Abrundung der Nervenphysik wirkt in gleichem Sinne.

Die von den oben genannten Forschern aufgestellten physikalischen Theorien: die electrische Moleculartheorie, die Theorie der electrischen Reizung, die Theorie des Electrotonus erlauben keine Umgestaltung, da sie allen bisherigen Beobachtungen vollkommen entsprechen. Es dürfen sonach die chemischen Theorien, die an ihre Seite gesetzt werden sollen, sich in irgend wesentlicher Weise nicht von ihnen entfernen, beide müssen in jedem einzelnen Punkte sich vollkommen congruent sein. Dieses Bewusstsein wäre im Stande, von der Publikation in dieser Richtung gewonnener Resultate abzuschrecken, da diese, wenn noch nicht vollkommen vollendet und abgerundet, im gewissen Sinne, vielleicht zum Schaden der Disciplin, als im Gegensatz stehend zu dem bisher Gewussten aufgefasst werden könnten. Die Hoffnung, dass dieser Fall hier nicht eintreten werde, scheint jedoch nicht unbegründet. Schon nach den bisher gewonnenen chemischen Resultaten scheint ein direkter Zusammenhang zwischen diesen und den physikalischen sehr offen in die Augen zu leuchten. Da wo dieses noch nicht so vollkommen deutlich ist, z. B. bei der Erzeugung des Electrotonus auf chemischem Wege, wird in der Folge sicher eine fortgesetzte Beobachtung die gewünschten Aufschlüsse nicht versagen. Gerade an diesen Punkt ist das Interesse besonders gefesselt. Wenn die folgenden Untersuchungen im Allgemeinen ein Abhängigkeitsverhältniss der physikalischen Nervenеigenschaften von chemischen Vorgängen erkennen lassen, so sehen wir doch auch umgekehrt letztere von ersteren sehr wesentlich beeinflusst. Die Electricität, welche den ausgeschnittenen Nerven physikalisch und chemisch in gleichem Sinne umgestaltet, thut dasselbe in dem unversehrten Organismus. Es liegen mir eine Reihe neuer Beobachtungen vor über unzweifelhaften Electrotonus normal vorhanden und entstehend im unversehrten Organismus allein durch seine eigene, in ihm strömende thierische Electricität. In Bälde soll darüber Mittheilung erfolgen. Diese Beobachtungen nehmen, wie mir scheint, dem Gedanken das Herbe, dass es sich bei dem Electrotonus und der electrischen Nervenreizung zum Theil um electrolytische Vorgänge handeln könne, da sich die Natur derselben ganz in der gleichen Weise wie die Experimental-Physiologie bedient.

Im Uebrigen scheint gerade die Lehre vom chemisch-erzeugten Electrotonus eine Probe zu sein auf die Richtigkeit der aufgestellten chemischen Gesichtspunkte, da sie vollkommen zu dem erkannten Zusammenhange der electrischen und Erregbarkeits-Aenderungen im Nerven stimmt.

Ich selbst werde die begonnenen Studien in der angeregten Richtung fortsetzen; es würde mich jedoch glücklich machen, wenn die folgenden Mittheilungen einiges Interesse bei den Fachgenossen hervorrufen würden, da durch gemeinsame Thätigkeit die vorliegenden Fragen rascher beantwortet, die vorhandenen Schwierigkeiten leichter geklärt werden könnten. —

Mit Bedauern sehe ich, dass Herr Heidenhain in seinen neuesten bewunderungswürdigen Studien des Breslauer physiologischen Instituts, Heft IV. S. 218, das Sauerwerden der tetanisirten Nerven im Anschlusse an du Bois-Reymond's auf Liebreich's Angaben gestützte Gegenbemerkung ebenfalls bestreitet. Ich ersuche ihn, meine und Funke's Beobachtungen in derselben Weise, wie ich sie gemacht habe, zu wiederholen. Von operativen Eingriffen, wie sie Heidenhain vor dem Tetanus machte, muss dabei aber stets Umgang genommen werden, da dadurch der folgende Tetanus wesentlichst geschwächt wird. Uebrigens bestätigen auch meine in Capitel I mitgetheilten Angaben die Beobachtung Heidenhain's insofern, als es auch mir in einer Anzahl von Fällen nicht gelang, am Ischiadicus, den Heidenhain am Frosch allein geprüft zu haben scheint, saure Reaction nachzuweisen, auch wenn eine solche am Rückenmarke und Gehirn absolut deutlich ausgesprochen war. Bei Säugethieren vereitelt die stark alkalische Reaction der umgebenden Gewebssäfte die Erkenntniss der eingetretenen Nervensäuerung.

Die jetzt vorliegenden beiden positiven Angaben über Säuerung der Nervensubstanz durch Tetanus schliessen nun diese Frage wohl ab. Dazu kommt noch der Nachweis einer auch im ruhenden Nerven vorhandenen saueren Reaction des Axencylinders, die sich im Tetanus nur steigert. Gerne gebe ich Herrn Heidenhain zu, dass die äusserlich mit Lacmus wahrnehmbare saure Nervenreaction hinter der Muskelsäuerung zurücksteht, damit ist aber nach dem Nachweise der beiden chemisch verschieden reagirenden Substanzen in jedem Nerven natürlich nicht viel gesagt. Die Carminfärbung des Axencylinders als Ausdruck seiner Säuerung ist bekanntlich eher stärker als die Färbung des Muskels. —

Schliesslich habe ich noch meinen Dank denen auszusprechen, welche mich bei vorliegender Untersuchung unterstützten.

Sie wurde, so weit sie sich auf electrische Nervenerscheinungen bezieht (theilweise Cap. VIII und IX), vor $2^1/_2$ Jahren im Münchener physiologischen Institute begonnen, wo mir die Herren Prof. Bischoff und Voit in liberalster Weise die nöthigen Apparate wiederholt zur Verfügung stellten. Herr Prof. C. Voit und Herr Prof. v. Pettenkofer überzeugten sich von der Richtigkeit der

Mehrzahl der mitgetheilten Versuche durch eigene Anschauung, vor allem von den chemisch-electrischen Erregbarkeitsänderungen. Für ihre Unterstützung und Interesse spreche ich hier meinen Dank aus.

Ebenso muss ich die überaus grosse Freundlichkeit und Gefälligkeit des Herrn Prof. Gerlach in Erlangen rühmend anerkennen, der mich bei den mikroskopischen Beobachtungen wesentlichst mit Rath und That förderte. Wie viel ich ihm im vorliegenden Falle verdanke, ergibt der Text der folgenden Cap. V und X. Ebenso habe ich Herrn Prof. v. Hessling für seine freundlichste Unterstützung in mikroskopischen Fragen meinen Dank zu sagen.

Vor allem aber gebührt mein Dank den beiden Herren Vorständen der Münchener medicinischen Kliniken: Herrn Geheimerath von Gietl, Vorstand der I. und Herrn Obermedicinalrath v. Pfeufer, Vorstand der II. medicinischen Abtheilung des Klinikums. Auf Ihren Antrag wurde ich seit einem Jahre mit der Anstellung der physiologisch-pathologischen Untersuchungen in den beiden Kliniken betraut und vor allem zu diesem Zwecke das Laboratorium des Reisingerianums bestimmt. Als ein erstes Resultat der dort angestellten Untersuchungen möge die vorliegende kleine Schrift gelten, der einige andere specieller zum Kreise der pathologischen Physiologie gehörige Arbeiten (z. Th. Dissertationen) aus dem letzten Jahre in Bälde folgen werden.

Die hier aufgenommenen, unter des Verfassers specieller Leitung angestellten Untersuchungen sind folgende:

1. Nachweis einer physiologischen Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen, blutfreien Froschmuskels aus der ihn umgebenden Atmosphäre. Vom Verfasser und St. med. E. Daxenberger. . . . . S. 28
2. Die neutralen Kalisalze zählen zu den ermüdenden Stoffen. Von Dr. A. Burkhardt und dem Verfasser. . . . . » 65
3. Einfluss der Nervenerregbarkeit auf den Nervenstoffwechsel. Vom Verfasser und St. med. L. Puille. . . . . » 73
4. Filtrationsversuche mit lebenden und todten Schleimhäuten, mit Rücksicht auf den Choleraprocess und die Verdauung. Vom Verfasser und St. med. J. Halenke. . » 88
5. Versuche über Ammoniakwirkung von Dr. Richlmaier. . . . . » 112

Erwähnt werden:

6. Versuche über den Einfluss mechanischer Nervenalterationen auf die Nervenerregbarkeit. Vom Verfasser und St. med. J. Cornet. . . . . » 122

München, den 22. Juni 1868.

**Johannes Ranke.**

# Inhalt.


Seite

Vorwort . . . . . III
Einleitung . . . . . 1

## I. Abschnitt.

### Stoffwechsel-Vorgänge im lebenden Nervengewebe.

#### Capitel I.

Die chemische Reaction der Nerven . . . . . 5

#### Capitel II.

Nervenathmung und Muskelathmung. Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen Gehirns . . . . . 16
§. 1. Vorbesprechung . . . . . —
§. 2. Versuche . . . . . 20
§. 3. Nachweis einer physiologischen Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen, blutfreien Froschmuskels aus der ihn umgebenden Atmosphäre. Vom Verfasser und st. med. E. Daxenberger . . . . . 28
§. 4. Schlussbetrachtungen des Capitels . . . . . 35

#### Capitel III.

Der physiologische Wassergehalt der nervösen Centralorgane . . . . . 36
§. 1. Vesuchsplan . . . . . —
§. 2. Versuche . . . . . 38
§. 3. Ergebnisse . . . . . 45

## II. Abschnitt.

### Die physiologischen Erregbarkeitsänderungen im Nerven in ihrem Zusammenhang mit dem Nervenstoffwechsel.

#### Capitel IV.

Das Leben der Nerven als Function der quantitativen chemischen Nerven-Zusammensetzung . . . . . 48
§. 1. Vorbesprechung . . . . . —
§. 2. Versuche . . . . . 50
I. Schwankungen des Nervenwassergehaltes . . . . . —
a. Destillirtes Wasser und Vertrocknung . . . . . —
b. 0,7 % Chlornatriumlösung und Vertrocknung . . . . . 54
II. Quantitative Schwankungen der Nervenreaction . . . . . 58
c. Vermehrung der alkalischen Reaction der Nerven . . . . . —
III. Schwankungen in der Menge der im Nerven enthaltenen Kalisalze. 63
Die neutralen Kalisalze zählen zu den ermüdenden Stoffen. Von Dr. A. Burkhardt und dem Verfasser . . . 65
§. 3. Resultate . . . . . 70

### Capitel V.

Seite
Einfluss der Nervenerregbarkeit auf den Nervenstoffwechsel. Vom Verfasser und st. med. L. Puille . . . . . 73
§. 1. Zur Orientirung . . . . . —
§. 2. Versuche . . . . . 76

### Anhang.

Filtrationsversuche mit lebenden und todten Schleimhäuten, mit Rücksicht auf den Choleraprocess und die Verdauung. Vom Verfasser und st. med. J. Halenke . . 88
§. 1. Resultate . . . . . —
§. 2. Versuche . . . . . 90

### Capitel VI.

Einwirkung von Gasen auf die Nervenerregbarkeit . . . . . 97
§. 1. Kohlensäure, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Leuchtgas . . —
§. 2. Versuche mit ammoniakalischen und saueren Dämpfen . . . . . 106

### Capitel VII.

Chemische Begründung der physiologischen Nervenerregbarkeit . . . . . 114
§. 1. Die normale Nervenermüdung . . . . . —
§. 2. Ueber krankhafte Einwirkungen auf die Nervenerregbarkeit . . . . 122

## III. Abschnitt.

**Die thierische Electricität und die electrische Nervenreizung in ihrem Verhältniss zu chemischen Gewebsmodificationen.**

### Capitel VIII.

Der Electrotonus Pflüger's und die vorgetragene chemische Theorie der Modificationen der Erregbarkeit . . . . . 124
§. 1. Veränderung der chemischen Reaction des Nerven durch den constanten Strom: Nervenelectrolyse . . . . . —
§. 2. Pflüger's Electrotonus lässt sich durch chemische Nervenänderungen nachahmen . . . . . 129

### Capitel IX.

Der Nervenstrom in seinem Verhältniss zu chemischen Aenderungen der Nervensubstanz . . . . . 140
§. 1. Vorbemerkungen über eine chemische Theorie des Muskel- und Nervenstromes . . . . . —
§. 2. Die Wirkung der bei dem Tetanus eintretenden Säuerung des Nerven auf den Nervenstrom . . . . . 142
§. 3. Die electrolytischen Producte der Nervenpolarisation (Alkali und Säure im Verhältniss zu dem du Bois'schen Electrotonus . . . . . 144
§. 4. Versuchsbeispiele . . . . . 148

### Capitel X

Regelmässig angeordnete chemische Differenzen in den electromotorischen Gewebselementen als Quellen der thierischen Electricität . . . . . 161
§. 1. Vorbesprechungen . . . . . —
§. 2. Beobachtungen . . . . . 167

# Einleitung.

Das Nervengewebe ist bisher auf seine chemischen Lebensbedingungen noch weit weniger untersucht worden als andere Organe und Gewebe des thierischen Organismus.

Es ist das um so auffallender, da sich doch gerade an die Vorgänge im Nervensysteme das allgemeinste Interesse knüpft, da kein Organ so sehr die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gelenkt hat, als es die Organe der Nervensubstanz seit der Zeit ihrer ersten Erkennung gethan haben.

Wir entbehren bisher eine eigentlich physiologisch-chemische Durchforschung der Vorgänge im Nervenleben noch fast vollkommen: es existirt noch kein Versuch eines Nachweises, geschweige ein solcher Nachweis selbst, dass die wechselnden Vorgänge des Nervenlebens auf chemischen Bedingungen beruhen, dass die Lebenseigenschaften der Nerven nach der chemischen Zusammensetzung der Nervensubstanz schwanken.

Der Grund, warum diese wichtigen Fragen bisher noch so wenig in Angriff genommen wurden, scheint ein mehrfacher.

Auf keinem der physiologischen Gebiete hielt sich ein wissenschaftlicher Mysticismus so lange als gerade in der Nervenphysiologie. Wie weit liegt die Zeit hinter uns, dass man hier Alles mit einigen philosophischen Phrasen abmachen zu können glaubte?

Die Entdeckung der Nervenelectricität und ihrer Gesetze war der erste grosse Fortschritt aus diesem dunkeln Zustande heraus, die Nervenphysik lenkte die Aufmerksamkeit der bedeutendsten Forscher auf sich. Es entfaltete sich ein reges Leben auf diesem Punkte, das zu schönen Resultaten führte. Hier hatte die Forschung einen Angriffspunkt gefunden, von dem aus in mannigfacher Weise das Vordringen versucht wurde.

Inzwischen lag die Chemie der Nervensubstanz fortwährend im Argen. Noch heute schwanken die Angaben über die chemischen Hauptbestandtheile der Nervensubstanz in der traurigsten Weise. Die Fragen nach ihren Eiweisssubstanzen, nach ihren Fetten, die Fragen, ob Cerebrin oder Protagon oder

Lecithin, die Fragen über den Ursprung und die Zersetzungen der der Nervensubstanz eigenthümlichen phosphorhaltigen Stoffe widersprechen sich noch fortwährend, obwohl der anerkennenswerthe Eifer, mit dem an der Entscheidung der berührten Fragen in der neuesten Zeit gearbeitet wird, vielleicht in Bälde eine definitive Aufklärung verspricht.

So war auf der einen Seite ein Forschungsweg (der physikalische) gebahnt, der nach Herstellung der exactesten Methoden einen raschen Erfolg sicherte, auf der anderen Seite waren die Aussichten so wenig anlockend, dass man wohl begreift, dass sich Wenige fanden, die den chemischen Forschungsweg betraten.

Und in Wahrheit, welche Resultate könnte eine physiologisch-chemische Durcharbeitung der nervösen Organe versprechen, da ihre nicht-physiologische Chemie noch so wenig sichere Resultate ergeben hat?

Die Antwort auf die letzte Frage stellt sich nun aber nach den Ergebnissen, die meine Untersuchungen der Muskelsubstanz gebracht haben, ganz anders als man bisher glaubte erwarten zu dürfen. Es wird sich zeigen, dass eine physiologische Betrachtung der chemischen Zusammensetzung der Nervensubstanz trotz dieser Mängel zu weittragenden Resultaten führt.

Meine Untersuchungen der Muskeln haben gelehrt, dass die Lebensbedingungen dieser Organe von sehr einfachen chemischen Veränderungen abhängen. Ausser von gewissen anorganischen und organischen Stoffen, wie z. B. von der Anwesenheit von Kalisalzen im Muskelsafte, sehen wir die Lebenseigenschaften der Muskeln abhängen und schwanken je nach der chemischen: ob saueren, ob neutralen oder alkalischen Reaction des Muskelsaftes. Dabei stellt es sich als fast vollkommen gleichbedeutend heraus, ob diese Reactionsveränderung durch organische oder unorganische Säuren oder Alkalien hervorgerufen wurde. Diese meine erwähnte Untersuchung über die Ermüdung der Muskeln, die Entdeckung der ermüdenden Substanzen für das Muskelgewebe hat der Forschung auf dem Gebiete der physiologischen Chemie der Gewebe eine neue erfolgreiche Bahn eröffnet, die auch schon in den Untersuchungen anderer Forscher zu beachtenswerthen Resultaten geführt hat. Giannuzzi hat unter Ludwig's Leitung wahrscheinlich gemacht, dass es auch eine Ermüdung der Speichel-Drüsen geben könnte, die von ähnlichen oder denselben Stoffänderungen abhängig sei, die ich für die Muskelermüdung vor ihm gefunden hatte. Kühne und Andere sehen die Flimmer-Bewegung, die Bewegung der contractilen Substanz von denselben chemischen Momenten in ganz analoger Art beeinflusst wie ich die Muskelbewegung.

Mir selbst hatten sich bei der Beobachtung der Muskeln gleichzeitig einige Bemerkungen aufgedrängt, welche dafür sprachen, dass von denselben Bedingungen, von welchen die Muskelerregbarkeit abhängt, auch die Nervenerregbarkeit beeinflusst werde, freilich in verschiedener Art als die Muskeln selbst.

Diese Andeutungen fanden neben jenen Untersuchungen eine vorläufige Besprechung. Im Folgenden sollen die Resultate, die sich nach neuen Arbeiten in dieser Richtung ergeben haben, im Zusammenhange dargestellt werden.

Die Untersuchung geht von dem Grundsatze aus, dass der physiologische Wechsel der Lebenseigenschaften der Nerven ebenso wie bei den Muskeln von gewissen chemischen Aenderungen des Nerveninhaltes, des Nervensaftes, wenn wir so sagen dürfen, abhängig sei.

Es muss versucht werden, diesen von der physiologischen Wissenschaft längst behaupteten Grundsatz zu beweisen. Die Experimente werden zeigen, dass das Nervenleben in Wahrheit mit gewissen chemischen Stoffumänderungen der Nervensubstanz, mit einem Stoffwechsel verbunden ist. Wir müssen dann weiter versuchen, wie weit wir mit diesen erkannten Stoffwechselvorgängen als Erklärungsgrund für die Lebenseigenschaften der Nervensubstanz ausreichen. Es wird sich ergeben, dass die Zusammensetzung der Ernährungsflüssigkeit der Nervensubstanz (des Blutes) von dem einschneidendsten Einfluss auf die Stoffzusammensetzung der Nervenflüssigkeit sei, dass sich also gewisse Aenderungen in den Lebenseigenschaften der Nerven auf das Blut als auf die eigentliche Quelle beziehen, das selbst wieder, als Motor der Stoffausgleichung im Gesammtorganismus, von anderen Organen in chemischer Beziehung beeinflusst wird.

Die Nerven zeigen sich in Beziehung auf den Widerstand, den sie einem auf sie einwirkenden Reize entgegen zu setzen vermögen, sehr verschieden. Der eine wird schon durch einen Minimalreiz aus dem ruhenden Zustand in den thätigen hineingerissen, der andere bedarf dazu eines viel stärkeren Anstosses. Es hat sich längst ergeben, dass im normalen Thiere diese Aenderungen der Erregbarkeit aus verschiedenen Ernährungseinflüssen entspringen; es ist demnach eine chemische Ursache für sie anzunehmen. Wir wissen, dass man durch Einwirkung polarisirender constanter electrischer Ströme auf den Nerven ähnliche Veränderungen in der Erregbarkeit hervorzubringen vermag, es wird die Frage aufgeworfen werden müssen, ob auch diese Veränderungen im letzten Grund in chemischen Vorgängen, durch den constanten Strom erzeugt, ihre Ursache haben.

Es wurde von mehreren Autoren, am entschiedensten von A. v. Bezold *), die Vermuthung ausgesprochen, dass das reizende Agens für den Nerven bei der Anwendung electrischer Ströme im letzten Grunde ein chemischer Stoff, ein Product der Electrolyse sei. Es wird unsere Aufgabe sein, zu sehen, ob diese Annahme sich auf experimentellem Wege zu einer Entscheidung bringen lasse.

*) Untersuchung über die electrische Erregung der Nerven und Muskeln. S. 327 ff.

Wir müssen zum Schlusse noch fragen, ob vielleicht auch die electrischen Eigenschaften der ruhenden und thätigen Nerven eine erkennbare, nachweisbare Abhängigkeit von der chemischen Nervenzusammensetzung erkennen lassen, ob sich vielleicht die Nervenelectricität auf chemische Grundlagen basiren lässt.

Die Aufgabe, die wir uns gestellt haben, ist gross. Die folgenden Bogen werden zeigen, wie weit es gelungen ist, sie zu lösen.

Die Untersuchung selbst zerfällt in drei Abschnitte:

## I. Abschnitt.

Stoffwechselvorgänge im lebenden Nervengewebe.

## II. Abschnitt.

Die physiologischen Erregbarkeitsänderungen im Nerven in ihrem Zusammenhange mit dem Nervenstoffwechsel.

## III. Abschnitt.

Die thierische Electricität, die electrische Nervenreizung und die Erregbarkeits-Aenderungen der polarisirten Nerven in ihrem Verhältniss zu chemischen Gewebsmodificationen.

# I. Abschnitt.

## Stoffwechsel-Vorgänge im lebenden Nervengewebe.

---

## Capitel I.

### Die chemische Reaction der Nerven.

Die wichtigste Angabe über chemische Veränderung der Nervensubstanz während des Nervenlebens, welche sich in der bisherigen physiologischen Literatur findet, ist die Angabe O. Funke's*), dass sich während der anhaltenden, erschöpfenden Nerventhätigkeit, während des Nerventetanus die chemische Reaction der Nervensubstanz verändere. Es folgte diese Angabe Funke's den bekannten Entdeckungen E. du Bois-Reymond's über die Veränderung des Muskelsaftes durch Absterben und Tetanus, welche gezeigt hatten, dass der nach anhaltender Ruhe im gesunden Thiere befindliche Muskel neutrale oder schwach alkalische Reaction seines Muskelsaftes zeige, während sich diese Reaction in eine sauere verwandle durch anhaltende, erschöpfende Thätigkeit und durch den Process des Absterbens.

Die von Funke über den Nerven gemachten Angaben behaupten nun für diesen die gleichen Vorgänge. Der geruhte, ohne Krämpfe dem Thiere entnommene Nerve reagirt neutral, diese Reaction geht durch Tetanus und Absterben in eine sauere über.

Die Angabe Funke's hat bisher keine Bestätigung gefunden, ja wir vermissen in der physiologischen Literatur ein sicheres Eingehen auf dieselbe. Noch die neuesten Besprechungen [Kühne, phys. Chemie. S. 337] stellen sie als unbewiesen oder wenigstens dringend einer Bestätigung bedürftig hin. E. du Bois-Reymond [Widerlegung der v. L. Hermann kürzlich veröff. Theorie. Aus d. M. Bericht der königl. Acad. d. W. z. Berlin. S. 625] bezweifelt das Funke'sche Resultat, auf entgegenstehende Angaben gestützt, direct, soweit es sich auf den Tetanus und seine Wirkung bezieht; dagegen erkennt er die sauere Reaction der Nervensubstanz nach dem Absterben an. Die negativen Angaben, auf die sich du Bois bezieht, stammen nach du Bois-Reymond von O. Liebreich, der die Säuerung der Nerven bei der Anstrengung geradezu leugnet

---

*) Ueber die Reaction der Nervensubstanz. Ber. d. k. sächs. Ges. d. W. math.-phys. Cl. 1859. August.

[Widerlegung etc. S. 625. Tagblatt der 41. Versamml. deut. Naturforscher u. Aerzte in Frankfurt a. M. 1867. No. 6. S. 73]. So zweifelhaft stand bisher diese einzige Angabe, die einen physiologischen Stoffwechselvorgang der Nerven behauptete.

Diesen Zweifeln und Widersprüchen gegenüber kann ich nun mit voller Sicherheit behaupten, dass die Angaben Funke's über die Säuerung der Nerven durch den Tetanus zu Recht bestehen.

Meine Untersuchungen beziehen sich vor allem auf die Nerven der Frösche, doch habe ich auch Versuche an warmblütigen Thieren angestellt.

Bei den Beobachtungen über Tetanus des Muskels *) hatte ich häufig Gelegenheit, neben den Muskeln auch die Nerven in Beziehung auf ihre Reaction einer Prüfung zu unterwerfen.

Es stellt sich mir ausnahmslos heraus, dass, abgesehen von den an spontanem Tetanus krankenden Thieren, alle lebenden geruhten Organe, sowie die Gewebesäfte eine mehr weniger deutliche schwach-alkalische Reaction zeigen, die sich nur selten zum vollkommen Neutralen hinneigt. Kranke Frösche zeigen, wie ich schon früher angegeben, hier und da eine schwach-sauere Reaction der Muskeln. Hier kann ich hinzufügen auch eine neutrale zur sauren hinneigende Reaction der Nervensubstanz. Ich prüfte ausser den Muskeln und der gesammten Nervensubstanz auch die Reaction der Drüsen; vor allen anderen eignen sich dazu ihres verhältnissmässig geringen Blutreichthumes wegen die Thränen- und Speicheldrüsen warmblütiger Thiere. Das Blut und die Lymphe reagiren normal auch nach dem Absterben noch stark alkalisch. Die Muskeln, Nerven, Drüsen werden dagegen, trotzdem dass sie von den auch nach dem Absterben alkalisch reagirenden obengenannten Flüssigkeiten durchdrungen sind, bei dem Absterben neutral oder sauer von einer fixen Säure. Am stärksten ist die sauere Reaction der Nerven bei Thieren (Fröschen, welche durch anhaltende Krämpfe getödtet wurden. Hier erreicht die Säuerung der Nervensubstanz (besonders des Gehirns) den Grad der Muskelsäuerung. Aber auch durch Curare krampflos getödtete Thiere, wenn auch ihre Muskeln noch alkalisch reagiren, zeigen hie und da eine freilich äusserst schwache sauere Reaction des Rückenmarkes und Gehirnes.

Ehe wir zu einer Kritik der Ergebnisse fortschreiten, müssen wir uns zuerst beispielsweise einige Beobachtungen, in fraglicher Beziehung an der Nervensubstanz angestellt, eingehender betrachten.

Die vielen Versuche an Fröschen, die eine schwach alkalische oder neutrale Reaction der lebenden Nervensubstanzen der geruhten Thiere nachweisen liessen, will ich hier nicht näher berühren; am Ischiadicus fiel mir öfters eine sehr schwache alkalische (neutrale) Reaction auf; besonders wenn die Frosch-Nerven längere Zeit im feuchten Raume ruhig liegen, so zeigen sie sich neutral, obwohl ihre Erregbarkeit noch sehr gut sein kann.

Du Bois hat schon lange nachgewiesen, dass nach dem Absterben die Nervenmasse an Consistenz zunimmt. Diese Beobachtung, verbunden mit der eben übenden der Säuerung, rechtfertigt es, wenn wir den für die Mus-

*) Haus. 1865. S. 142. 5. Capitel.

kelsubstanz gebräuchlichen Ausdruck der Todtenstarre auch auf die Nervensubstanz übertragen. Die Identität beider Vorgänge ergibt sich noch weiter aus den folgenden Beobachtungen.

## Versuchsbeispiele I.

### Zeitstarre und Wärmestarre der Nervensubstanz.

#### a. Zeitstarre.

1. Rückenmark und Gehirn eines eben krampflos getödteten Kaninchens wurden frisch auf ihre Reaction geprüft; die Reaction war deutlich schwach alkalisch.

Eine Partie der beiden Organe wurde bei 25°C., eine andere bei 16°C. (Zimmertemperatur) aufbewahrt.

Die erstere Portion des Rückenmarks und Gehirnes (25°C.) zeigte schon nach 3 Stunden eine deutliche sauere Reaction. Die zweite Portion war zu dieser Zeit noch deutlich alkalisch, nach 24 Stunden war aber auch bei ihr eine sauere Reaction aufgetreten.

Die sauere Reaction der todten Nervensubstanz scheint schwächer als bei dem abgestorbenen Muskel. In Beziehung auf die Prüfung, besonders der peripherischen Nerven, muss man sich hiebei jedoch vor falschen Schlüssen aus der Schwäche der mit dem Reagenzpapier wahrnehmbaren Reaction sehr hüten. Die Nervenbündel sind umhüllt und durchzogen mit sehr viel Bindegewebe, welches bei dem Absterben die alkalische Reaction, die ihm im Leben eigen ist, nicht verändert. Hier darf man also keine sehr deutlichen Resultate erwarten, wenn auch vielleicht die Säuerung des Nervenmarkes durch das Absterben, wie sich zum Schlusse der ganzen Untersuchung noch ergeben wird, an Intensität die Säuerung des absterbenden Muskels wohl übertrifft. Dabei ist, wie bei dem Muskel, auch die Reaction der saueren Nerven eine mehr weniger ausgesprochen amphichromatische, was als weiterer Täuschungsgrund Erwähnung verdient.

2. Rückenmark und Gehirn einer eben möglichst krampflos geschlachteten Taube. Das frisch alkalische Rückenmark wurde bei 16°C. (Zimmertemperatur) 24 Stunden aufbewahrt. Es reagirte nun deutlich in seinen weissen und grauen Partien sauer. Eine amphichromatische Reaction war nur undeutlich nachzuweisen.

Auch das Gehirn reagirte frisch deutlich alkalisch. Nach 24 Stunden im feuchten Raume waren sowohl die grauen als weissen Partien deutlich sauer.

#### b. Wärmestarre.

3. Ein Taubengehirn frisch alkalisch; 30 Minuten lang auf 50° — 60°C. erwärmt. Die Reaction beider Gehirnsubstanzen ist darnach deutlich sauer. Die Nervensubstanz wird also durch Wärme in ganz analoger Weise zur Säuerung gebracht, wie der Muskel bei der Wärmestarre.

#### c. Gehirnsubstanz gekocht.

4. Die Verhältnisse der Reaction der Nerven und Muskeln sind, wie oben schon erwähnt, bei dem Absterben ganz identisch. Es zeigt sich dieses auch darin, dass durch Kochen (bei 100°C.) Nerven sowie Muskeln ihre alkalische Reaction beibehalten. Das Gehirn einer frisch getödteten Taube reagirte deutlich alkalisch. Es wurde 15 Minuten lang auf 100°C. im feuchten Raume erhitzt; die Reaction der grauen Gehirnsubstanz war danach deutlich alkalisch, die inneren Gehirn-

partien waren neutral oder sehr schwach ausgesprochen amphichromatisch. Ebenso blieben bei dem Erhitzen grösserer Muskelstücke die äusseren Partien alkalisch, die inneren zeigten sich neutral oder sogar sauer, da sie durch die äusseren Theile geschützt nur langsamer erwärmt und dadurch wärmestarr werden konnten. Auch eine deutlich sauere Reaction der inneren Hirnpartien, während die äusseren nach dem Kochen alkalisch waren, habe ich in anderen Fällen beobachtet.

---

Weit wichtiger als der im Vorstehenden gelieferte Nachweis, dass sich die Nerven, wie man schon früher annahm, in Beziehung auf die Veränderung ihrer chemischen Reaction bei dem Absterben vollkommen den Muskeln analog verhalten, ist der, dass auch die physiologische Anstrengung der Nervensubstanz wie im Muskel mit der Bildung einer fixen Säure Hand in Hand gehe.

Hier wurden, wie gesagt, die wichtigsten, beweisenden Versuche an Fröschen angestellt, die sich hiezu weit besser als Warmblüter eignen. Geben wir auch hier zur Veranschaulichung der obwaltenden Verhältnisse einige Versuchsbeispiele.

## Versuchsbeispiele II.

### Säuerung der Nerven durch Tetanus.

#### A. Versuche an Fröschen.

##### a. Strychnintetanus des Gesammtthieres.

1. $\alpha$) 5 Frösche vergiftet, sie leben noch. Das Blut ist sehr dunkel, venös, gerinnt langsam und ungenügend, nach 24 Stunden scheint es noch nicht vollkommen geronnen.

Das Dialysat des Blutes zeigte deutlich schwach-sauere Reaction (die Reaction ist wie bei Muskel und Nerve amphichromatisch). Dass nicht vergessen wurde, ganz neutrale Flüssigkeiten neben dem Dialysat zur Controlle auf demselben Reagenzpapier gleichzeitig zu prüfen, ist selbstverständlich.

Die Muskeln reagirten deutlich sauer.

Die Nerven: Gehirn, Rückenmark und Ischiadici wurden mit vollkommen neutralem destillirtem Wasser gewaschen, auf ungeleimtem Papier getrocknet und nun auf dem sehr empfindlichen Reagenzpapier zerdrückt; die Reaction aller Nervensubstanz war deutlich sauer. Es ist zu bemerken, dass durch den Strychnintetanus die Nervenerregbarkeit noch nicht erloschen war, die lebenden Nerven zeigten also in diesen Beobachtungen eine sauere Reaction.

1. $\beta$) Gegenversuch mit 5 frischen ohne Tetanus getödteten Fröschen.

Das Dialysat des Blutes, die Lymphe waren sehr stark alkalisch, die Muskeln und die Nervensubstanzen waren deutlich schwach alkalisch. Die Lymphe ist wie das Blut bei normalen Thieren stets sehr intensiv alkalisch.

##### b. Electrischer Tetanus des Gesammtthieres.

Drei Frösche mit 4 Grove'schen Elementen kleinster Dimension und dem Schlitten tetanisirt. Das Spiel des Schlittens wurde durch einen Uhrwerkunterbrecher, der den primären Strom öffnete und schloss, viermal in der Minute unterbrochen und wieder eingeleitet, die Zeiten der Ruhe und des Tetanus waren gleichgehalten. Der Tetanus mit steigenden Stromstärken währte etwas über zwei Stunden, die Thiere waren dann noch schwach auf die stärksten Schläge des Inductions-

apparates erregbar. Nach dem Verbluten aus dem Herzen kehrt die Erregbarkeit wieder stärker zurück, entsprechend meinen vielseitigen älteren Beobachtungen über die Ermüdungserscheinungen am Muskel.

Die Lymphe und die Muskelsubstanz reagirten nach dem Tetanus deutlich sauer, vor allem die erstere. Auch die Nervensubstanz: Gehirn, Rückenmark und die peripherischen Nerven (= Ischiadici) zeigte deutlich saure Reaction.

Die Nervensubstanzen wurden wie bei dem Strychnintetanus behandelt, mit neutralem destillirtem Wasser sorgfältig von der saueren Lymphe gewaschen, auf feinem ungeleimten Papier getrocknet und auf empfindlichem Lacmuspapier zerdrückt. Die Röthung war ziemlich lebhaft und vollkommen deutlich.

Auch das Blut zeigte sich nach dem Dialysiren deutlich schwach-sauer (sehr schwach amphichromatisch). Das Blut war braunroth bis schwarzroth, gerann langsam, röthete sich an der Luft.

Auch hier ergaben gleichzeitig angestellte Controllversuche das gleiche Resultat, wie es in 1. β) beschrieben wurde.

### c. Electrischer Tetanus des ausgeschnittenen Ischiadicus.

Zu den vorstehenden Versuchen reihe ich hier sogleich ein Versuchsbeispiel von ausgeschnittenen Nerven an. Es wird sich in der Folge zeigen, dass dieser Versuch trotz der Uebereinstimmung, die er scheinbar mit den unter Ziffer a und b stehenden Versuchen erkennen lässt, doch vorwiegend zu einer Gattung ganz anderer Versuche zu zählen ist, die erst später Besprechung finden können. Doch da wir auch hier dem Auftreten einer Säure im Gefolge des (electrischen) Tetanus begegnen, so steht er doch vorläufig an dieser Stelle am rechten Platze, wenn auch der Ursprung der Säure zum Theil wohl sicher auf ganz anderen Momenten beruht als in den erstbeschriebenen Versuchen.

Männlicher Frosch. Beide Ischiadnerven mit den Unterschenkeln präparirt. Der eine (*a*) wie oben unter *b* mit dem Schlitten, dem Uhrwerkunterbrecher und 2 Grove'schen kleinsten Elementen 2 Stunden tetanisirt auf amalgamirten Zinkelectroden (ebenso ist es auf Platinelectroden) in der feuchten Kammer. Der Nerve ist reactionslos. Der Gastroknemius auf dem Querschnitt reagirt deutlich und stark sauer.

Auch der Nerve ist auf dem Querschnitt stark sauer! ebenso das zwischen den Electroden gelegene Stück, auch etwas weiter nach abwärts durch die ganze Masse hindurch nicht nur an der Oberfläche. Gegen den Muskel zu nimmt die sauere Reaction immer mehr ab und verschwindet endlich ganz, einer alkalischen Reaction Platz machend. Es entsteht also die Säure bei diesen Versuchen nur an der direkt electrisch mit Metallelectroden gereizten Stelle und an den diesen zunächstliegenden Nervenabschnitten, weiter entfernt bleibt die normale Reaction.

Der gleichzeitig mit dem Nerven *a* präparirte zweite Nerve *b* desselben Thieres mit dem Unterschenkel lag inzwischen in der feuchten Kammer ruhig. Er ist, wie sich erwarten liess, nach den zwei Stunden des Versuches noch sehr gut erregbar. Er reagirt am Querschnitt nicht sauer sondern neutral, der Nerveninhalt reagirte sehr schwach alkalisch zu neutral, durchaus nicht sauer.

Hier will ich sogleich erwähnen, dass die Tetanisirung des Nerven mit den unpolarisirbaren Electroden Du Bois-Reymond's diese Säuerung nicht deutlich erkennen lässt, was später noch besprochen werden wird. Bei dem Tetanisiren auf mechanischem Wege mit dem electrischen Hämmerchen zeigte sich keine Säuerung

des Nerven, dagegen reagirt meist der im Vertrocknungstetanus liegende Nerve wenn auch sehr schwach sauer.

Es scheint demnach, dass wir es bei der in Folge der electrischen Reizung mit Metallelectroden auftretenden, eben beschriebenen lebhaften Säuerung des gereizten Nervenstückes wenigstens vorwiegend mit Wirkungen einer eigenthümlich modificirten Electrolyse zu thuen haben, eine Vermuthung, die uns in der Folge noch von Wichtigkeit werden wird.

## B. Versuche an Warmblütern.

### d. Strychninversuch am Kaninchen.

Ein kräftiges Kaninchen durch eine Rückenwunde vergiftet. Nach 1 Stunde und 20 Minuten bekam das Thier lebhafte Krämpfe, denen es aber sehr bald erlag. Es hatte einen sehr starken Krampfanfall, dann noch zwei bis drei sehr schwache. Die noch stark erregbaren Muskeln reagirten deutlich sauer, der Armnerve schien dagegen alkalisch, doch ist hier die Prüfung durch die sehr stark alkalische Gewebeflüssigkeit des Bindegewebes fast unmöglich auf dem gewöhnlichen Wege. Rückenmark und Gehirn reagirten in ihren weissen Partien schwach aber erkennbar sauer, die Prüfung wurde durch die graue Materie, die noch schwach alkalisch war, erschwert.

Nach 24 stündigem Liegen im feuchten Raume war die weisse Nervensubstanz in Gehirn und Rückenmark noch sauer (schwach amphichromatisch), die graue Gehirnsubstanz deutlich, die graue Rückenmarkssubstanz äusserst schwach alkalisch, letztere erschien fast neutral.

Bei diesen Versuchen ist die anhaftende, wie gesagt ungemein stark alkalisch reagirende Lymphe sehr störend, man muss die zu prüfenden Gewebe davon sorgfältigst reinigen mit neutralem destillirtem Wasser und säurefreiem ungeleimtem Papier.

### e. Mechanischer Tetanus an der Taube.

Die Taube durch Kopfabreissen getödtet, der Rumpf verfiel in die heftigsten Krämpfe, welche ziemlich lange andauerten. Während bei frischen Tauben, die krampflos gestorben sind, die Reaction der Rückenmarkssubstanz, wie oben angegeben, deutlich alkalisch gefunden wird, zeigte sich bei diesem Versuche das Rückenmark nach sorgfältiger Reinigung neutral (sehr schwach amphichromatisch).

## C. Versuch an Fröschen,

### f. die in Krämpfen (electrischem Tetanus) gestorben waren.

Reaction der todten Nervensubstanz nach vorausgegangenem, erschöpfendem Tetanus.

Drei Frösche wurden mit 2 Grove'schen Elementen, Uhrwerkunterbrecher und Schlitten in 2 Stunden tetanisirt; seit 16 Stunden todt.

Bei allen dreien war die Lymphe zwischen den Muskeln schwach sauer, unter der Haut neutral.

Das Blut schwach alkalisch.

Die Muskeln stark sauer.

Die peripherischen Nerven (Ischiadici) waren theils (2) neutral mit einer Neigung zur saueren Reaction, theils (1) deutlich sauer (schwach).

Die drei Gehirne und Rückenmarke waren sauer kaum weniger stark

als die Muskeln. Auch die dem Rückenmarke anhaftenden Flüssigkeiten, die bei geruhten Thieren auch im Tode alkalisch bleiben, waren hier sauer (Lymphe etc.).

### D. Versuche an Fröschen,

**g. die mittelst Curare krampflos getödtet waren.**

Reaction der todten Nervensubstanz nach krampflosem Tode.

2 Frösche seit 3 Stunden vergiftet. Bei beiden Thieren sind die Reactionen schlecht ausgesprochen bei allen Organen.

Lymphe und Rückenmarksumhüllung und Blut alkalisch.
Muskeln neutral aber zum Alkalischen neigend.
Ischiadici neutral, äusserlich (Lymphe etc.) alkalisch.
Rückenmark und Gehirn neutral zum schwächst-saueren neigend.

### E. Der einzige mir aufgestossene Fall,

**h. in welchem nach (24stündigem, schwachem) Strychnintetanus** die Nervensubstanz alkalisch reagirte.

Frosch seit 24 Stunden mit Strychnin vergiftet, lebt, Erregbarkeit ziemlich gut erhalten.

Alle Organe stark alkalisch! sie bläuen leicht-blaues, violettes und rothes Papier.

Gehirn (stark) alkalisch.
Rückenmark ,,
Ischiadici ,,
Nervenwurzeln ,,
Muskeln (stark) alkalisch.
Blut ,, ,, (Farbe roth).
Lymphe ,, ,,

Es ist noch zu erwähnen, dass auch bei einem sponten erkrankten Thiere (Frosche; es war zufällig das Wasser längere Zeit nicht erneuert worden, in welchem er sich befand), das in seinen letzten Zügen schwache Krämpfe zeigte, über deren Dauer aber Nichts bekannt ist, die Reaction aller lebenden Organe stark alkalisch gefunden wurde.

Gibt es normal einen Tod mit Zunahme der alkalischen Reaction der Gewebe, wie sich eine solche bei dem Erhitzen der Gewebe auf 100°C. einstellt?

---

Der Nachweis der saueren Reaction der Nervensubstanz nach dem Strychnin- und electrischen Tetanus gelingt nicht in allen Fällen.

Es kann vorkommen, dass die Nervensubstanz bis fast zu Tode tetanisirter Frösche neutral oder wenigstens nur sehr schwach sauer reagirt, hie und da vielleicht (ich sah das nur einmal unzweifelhaft) auch noch alkalisch.

Es machte mich diese Beobachtung anfänglich sehr misstrauisch, bis ich fand, dass bei solchen Thieren die Muskeln und alle Gewebesäfte auch deutlich alkalisch reagiren. Nun war der Schlüssel zu diesen Ausnahmefällen leicht gefunden. Ich hatte zuerst die Vermuthung gefasst, weil sich die Reaction der Muskeln in diesen Fällen auffallend stark alkalisch zeigte, dass nach einer Periode der Säuerung der Gewebe durch den Tetanus eine Periode folge, in welcher eine stärker alkalische Reaction als während der Ruhe auftrete. Die Vermuthung war daraus entsprungen, dass der Muskel und Nerve auch durch Kochen stärker alkalisch werden kann. Es wäre nicht undenkbar, dass auch in Folge

des Tetanus ein derartiger zur alkalischen Reaction führender Process vorhanden wäre, der nur durch den bisher allein bekannten der Säuerung überwogen und verdeckt wurde. Die Versuche lassen sich jedoch auch abgesehen von dieser Vermuthung erklären. Es stellt sich nämlich heraus, dass starker Strychnintetanus sowie der electrische Tetanus bei kräftigen Thieren, nach starken Muskelkrämpfen stets zu einer Säuerung der Muskeln und Nerven führt. Nur schwache Individuen (Weibchen vor dem Laichen etc.), welche schon von Anfang an schwache Krämpfe zeigen und sehr bald erschöpfen, behalten eine alkalische Reaction. Ist freilich die Vergiftung mit Strychnin nur schwach, so bleiben auch die Gewebe stärkerer Thiere hie und da alkalisch oder neutral. Es hängt demnach von der Stärke und Ausdauer der Krämpfe ab, welches Resultat wir bei der Reactionsprüfung erhalten, nicht von der Art der Behandlung der Thiere.

Stets tetanisirte ich bei dem electrischen Tetanus wenigstens 3 Frösche gleichzeitig mit dem gleichen electrischen Apparate. Trotzdem zeigten sich auch in diesen Fällen Unterschiede in der Stärke der Säuerung der Muskeln und Nerven entsprechend der Kraft der verwendeten Individuen. Nur wenn die Muskeln sauer reagiren, dürfen wir auch eine saure Reaction der Nerven durch den Tetanus erwarten.

Im Ischiadicus ist die Reaction gewöhnlich schwächer als in den Nervencentralorganen.

Es ist lange bekannt, dass sehr schwache Individuen, welche von Anfang an nur schwache Zuckungen zeigten, den Reizzustand sehr viel länger ertragen als stärkere Thiere, die von Anfang an stärkere Krämpfe zeigten. Offenbar hängt das mit der auch sonst beobachteten Reactionsverschiedenheit der gesunden Gewebe zusammen.

Dieses Ausbleiben der Reactionsveränderung, welches sich bei verhungerten, lange aufbewahrten oder sonst schwachen Fröschen öfter zeigen kann, scheint mir die Ursache, dass die Beobachtung Funke's bisher solange nicht bestätigt wurde.

Zur Wiederholung des Versuches rathe ich electrischen, langsam ansteigenden, erschöpfenden Tetanus und kräftige männliche Frösche. Der beginnende Winter scheint zu den Versuchen günstiger als der Spät-Winter und Sommer, da zu ersterer Zeit bekanntlich die Frösche am kräftigsten sind. Die Versuche, welche mir zuerst eine Säuerung des Blutes ergaben, waren Anfang November 1866 angestellt.

Die Versuche beweisen, dass die tetanische Thätigkeit mit einer beträchtlichen Veränderung in den chemischen Vorgängen im Gesammtthiere verbunden ist, für uns ist hier die Säuerung der Nervensubstanz das Wichtigste. So merkwürdig die Beobachtung von dem Verluste der alkalischen Reaction des Blutes und der Lymphe durch den Tetanus des Gesammtthieres auch an sich ist, so beabsichtige ich auf die hieran sich schliessenden Fragen und Aufgaben für jetzt doch nicht näher einzugehen, ich werde dazu an einem anderen Ort hoffentlich sehr bald Gelegenheit finden *). —

*) Hier sei mir nur gestattet, die Priorität meiner Beobachtung von dem Einflusse der

So hat denn mit dem Nachweise der Aenderung der Nervenreaction unsere Bestrebung, die Lebensbedingungen der Nerven näher zu erforschen, einen glücklichen Anfang gewonnen. Diese Beobachtungen sind es, die lange Jahre hindurch vergeblich eine ernste Mahnung an die Physiologen ergehen liessen, den Weg einer im wahren Sinne des Wortes physiologisch-chemischen Erforschung des Nerven zu betreten, sie werden uns der Wegweiser sein in den verwickelten Irrgängen, zu denen unser Weg uns führen wird.

Was dürfen wir nicht von diesem Auftreten einer Säure am und im normal-alkalischen Nerven für physiologische Wirkungen erwarten, nachdem es uns für den Muskel gelungen ist, nachzuweisen, dass wenn nicht alle, doch die überwiegende Mehrzahl seiner Lebenserscheinungen in analogen Reactionsänderungen ihren inneren Grund haben!

Die Natur bedient sich zur Erfüllung ihrer Ziele sehr einfacher Mittel, die nur durch ihr zweckmässiges Ineinandergreifen wunderbare Effecte erzielen.

Es wird sich ergeben, wie manigfach und verschieden die Resultate sind, welche die Natur mit der einfachen Aenderung der Reaction der Nerven vom Alkalischen zum Saueren und vom Saueren zum Alkalischen zurück zu erreichen vermag. Ehe wir jedoch auf diese Fragen eingehen, haben wir noch einige andere Lebenserscheinungen der Nerven zu betrachten, die von kaum minder weittragender Bedeutung sind.

## Resultate.

Die Resultate der vorstehenden Untersuchungen lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Die chemische Reaction des normalen, lebenden, geruhten Nervensystemes ist schwach alkalisch zum Neutralen neigend.

Die gleiche Reaction zeigen auch die geruhten Muskeln und Drüsen (Speicheldrüsen, Thränendrüsen).

Das Blut, die Lymphe und das Bindegewebe sind bei normalen geruhten Thieren dagegen stets stark alkalisch.

2. Die schwach alkalische Reaction geht bei dem normalen Absterben der Nerven in eine schwach **saure** über. (Am stärksten ist die sauere Reaction bei Thieren [Fröschen], welche unter starken Krämpfen gestorben sind. Aber auch nach Tod durch Curare fehlt die schwach sauere Reaction meist nicht.) Denselben Einfluss auf die Nervenreaction hat Erwärmen auf 45—55° C. Durch rasches Erhi-

---

Tetanus auf die Reaction des Blutes gegen die unter Herrn Pflüger's Leitung angestellte wichtige Arbeit von Zuntz zu wahren. Es wird dort eine Abnahme der alkalischen Reaction des Blutes durch den Tetanus angenommen, ohne meiner in meinen »Grundzügen der Physiologie« (cf. z. B. a. a. O. S. 280 früher publicirten Notiz über diesen Gegenstand zu erwähnen. Da es sich bei dieser Frage nicht um Meinungen sondern um Experimentalergebnisse handelt, scheint mir diese Mahnung an mein Besitzrecht nicht ungegründet. [N. Zuntz, Zur Kenntniss des Stoffwechsels im Blute. Centralblatt, 28. Nov. 1867. Nr. 51.]

tzen der Gehirnsubstanz (von Tauben) auf 100°C. bleibt die Reaction alkalisch; es scheint, dass die alkalische Reaction des Nerven durch das Kochen verstärkt wird.

Meist sind die äusseren Schichten der in Wasserdampf gekochten Taubengehirne deutlich alkalisch, während die inneren, der Hitze langsamer und weniger ausgesetzten Partien neutral oder selbst sauer reagiren.

In allen diesen Verhältnissen stimmt die Reactionsveränderung der absterbenden Nervensubstanz vollkommen überein mit den analogen Phänomenen bei dem Absterben der Muskelsubstanz. Da auch eine Vermehrung der Consistenz der Nervensubstanz durch das Absterben beobachtet ist*), so steht Nichts im Wege, den Vorgang des Absterbens der Nerven als Todtenstarre speciell als Nervenstarre zu bezeichnen. Wie die Todtenstarre des Muskels so kann auch die Todtenstarre des Nerven in Wärmestarre und Zeitstarre unterschieden werden.

Bei den peripherischen Nerven ist die angegebene Reactionsänderung nur wenig ausgesprochen. Es rührt das daher, dass die Nervenfasern durch reichliches Bindegewebe umhüllt werden, das beim Absterben seine alkalische Reaction nicht verliert und somit die Prüfung auf dem gebräuchlichen Wege erschwert. Wir werden in der Folge Prüfungsmittel kennen lernen, die uns auch bei den peripherischen Nerven die Reaction deutlich zeigen.

Dieselben Reactionsänderungen wie die absterbenden Muskeln und Nerven zeigen auch die absterbenden Drüsen (Speichel- und Thränendrüsen). Auch sie vermehren deutlich durch das Absterben ihre Consistenz, sie erstarren**). Wir müssen danach auch eine Todtenstarre der Drüsen annehmen.

Blut, Lymphe, Bindegewebe behalten dagegen bei dem normalen Absterben eine alkalische Reaction.

3. Durch andauernden starken Tetanus des Gesammtthieres vermittelst Strychninvergiftung oder noch besser mittelst electrischer Reizung geht die schwach alkalische Reaction des lebenden Nervensystemes (Gehirn, Rückenmark, peripherische Nerven) in eine schwach sauere Reaction (von einer fixen Säure über.

Diese sauere Reaction ist je nach der anhaltenden Stärke des Tetanus bei verschiedenen Thieren verschieden. Gleichzeitig mit dem geringeren Tetanus nimmt auch diese Reactionsveränderung an Intensität ab; geschwächte Thiere, welche keinen continuirlichen, starken Tetanus zeigten, haben, auch wenn die Strychninvergiftung Tage lang angedauert hat, neutrale Nerven und alkalische Muskeln. Es tritt also durch schwachen Tetanus weder die Säuerung der Muskeln noch die correspondirende der Nerven ein.

Durch den Tetanus des Gesammtthieres kann auch das Blut eine schwach sauere Reaction annehmen, stets zeigt sich seine alkalische Reaction nach starkem Tetanus deutlich geschwächt.

---

*) E. du Bois-Reymond, Unters. ü. thier. Elect. Bd. II. S. 284 (1849). — Gorup-Besanez, phys. Chemie. II. Aufl. 639 (1867).

**) Kühne, phys. Chemie, sagt das Gleiche für die Leber S. 61 (1868); von der Niere a. a. O. S. 462.

4. Auch der ausgeschnittene Nerve wird durch electrische Reizung mit dem Schlittenapparat und Metallelectroden durch und durch sauer und zwar an der Reizungsstelle.

Eine Säuerung des ausgeschnittenen Nerven durch mechanische Reizung konnte nicht constatirt werden. Dagegen schien der vertrocknete Nerve sauer zu reagiren.

---

# Capitel II.

## Nervenathmung und Muskelathmung.

### Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen (frischen) Gehirnes.

#### §. 1. Vorbesprechung.

Als Resultat der Untersuchung der Nervensubstanz ergaben unsere bisherigen Beobachtungen eine nahe Uebereinstimmung der chemischen Vorgänge im lebenden und absterbenden Nerven und Muskel.

Das Auftreten einer fixen Säure im Nervensafte wird in den Lebenseigenschaften desselben die wesentlichsten physiologischen Aenderungen hervorbringen.

Unter den chemischen Agentien, welche ausserdem auf die Lebenseigenschaften der Nerven im lebenden Organismus influiren, stehen sicher der Sauerstoff und die Kohlensäure obenan. Die Kohlensäure ist einer der wichtigsten Organreize, die sich der Organismus selbst erzeugt. Wir wissen schon, wie mächtig verändernd die Kohlensäure auf die Erregbarkeit der Muskeln einwirkt, es wird sich ergeben, dass in ganz analoger Weise auch die Nerven von diesem Gase beeinflusst werden.

Die Untersuchungen von v. Pettenkofer und Voit, an die sich die Ergebnisse Hennebergs anschliessen, haben eine zeitweise Aufspeicherung, Bindung von Sauerstoff in dem lebenden, gesunden, thierischen Organismus erwiesen. Aus dem Vorrath dieses fest-gebundenen Sauerstoffs bestreitet der thierische Organismus seine physiologischen Organoxydationen, er ist um so nachhaltiger leistungsfähig, je grösser dieser Sauerstoffvorrath in seinen Organen ist. Es ergibt sich also der Sauerstoff als einer der wichtigsten die Erregbarkeit erhaltenden Stoffe, im Gegensatz zu den von mir entdeckten ermüdenden Stoffen; der Sauerstoffmangel ist ein wichtigstes Moment der definitiven Muskel-Ermüdung, da, wenn ein solcher einmal eingetreten ist, nur eine neue Sauerstoffaufspeicherung in die ermüdeten Organe, aber nicht eine blose Wegschaffung der ermüdenden Stoffe einen wiederbelebenden Einfluss mehr wird äussern können. Die Anwesenheit des gebundenen Sauerstoff's in den Organen ist also eine wesentliche Grundbedingung des Lebens, ebenso wichtig wie die der Eiweissstoffe, Fette und anderer Organbestandtheile. Dieser Sauerstoff wird im normalen Leben den Organen durch das Blut zugeführt, die Organe ent-

ziehen ihn dem Blute, sie beweisen dadurch eine stärkere chemische Verwandtschaft zum Sauerstoffe als sie das Blut besitzt, es ist klar, dass man ihn aus den Organen nicht auf demselben Wege wird gewinnen können wie aus dem Blute.

Auf die Aufnahme von Sauerstoff in die lebenden Gewebe und auf eine correspondirende Abgabe von Kohlensäure aus den Geweben an das durchströmende Blut hat man bekanntlich seit den ersten Blutgasanalysen geschlossen aus dem Verhalten der Blutgase im arteriellen Blute, welches den Organen zuströmt, verglichen mit den Blutgasen des venösen Blutes, das die Organe schon passirt hat. Man fand im Allgemeinen das arterielle Blut sauerstoffreicher und kohlensäureärmer als das venöse.

Das Venöswerden der Blutfarbe, was vor allem, wie man durch die spectroskopischen Untersuchungen jetzt sicher weiss, von einer Abnahme des Sauerstoffs im Blute herrührt, tritt bei dem Durchströmen des Blutes durch alle Organe ein.

Durch Ludwig und Sczelkow sind die Gesetze des Wechselverkehrs der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe zwischen dem lebenden Muskel und dem Blute eruirt*).

Das Blut findet sich auch in den aus der Nervensubstanz kommenden Venen von venöser Farbe. Man darf sich daher für berechtigt halten, anzunehmen, dass auch die Nervensubstanz zur Erhaltung ihrer Lebenseigenschaften eine Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe bedarf. Wirklich nachgewiesen ist dieser Wechselvorgang im Nerven aber noch nicht. Es leuchtet ein, wie wichtig für die Theorie des Nervenlebens der sichere Nachweis sein würde.

Lange vor den Untersuchungen Ludwig's und Sczelkow's war die Sauerstoffaufnahme des lebenden Muskels und die Kohlensäureabgabe auf einem andern Wege gefunden worden.

G. v. Liebig**) hatte beobachtet, dass der lebende, ausgeschnittene, blutfreie Muskel des Frosches aus der Luft Sauerstoff aufnimmt und dafür Kohlensäure aushaucht. Die noch weit älteren Untersuchungen von A. v. Humboldt***, an die sich Beobachtungen anderer Forscher anschlossen, hatten schon vor G. v. Liebig ergeben, dass der Sauerstoff der Atmosphäre, in welcher sich der lebende Froschmuskel befindet, einen lebenserhaltenden Einfluss auf denselben ausübe.

Seit G. v. Liebig stellte man diese Entdeckungen über den Stoffwechsel des ausgeschnittenen Muskels unter dem Namen: **Muskelrespiration** der Gesammtrespiration des thierischen Organismus an die Seite.

Seine Versuche ergaben schon, dass die Kohlensäureabgabe des Muskels von der gleichzeitigen Sauerstoffaufnahme wenigstens zum Theil unabhängig sei. Er fand, dass der Muskel auch in sauerstofffreier Atmosphäre fortfährt, Kohlensäure zu entwickeln, die aber in der Gesammtquantität gegen die Kohlen-

*) Sczelkow, Zur Lehre vom Gasumtausch in verschiedenen Organen. Wiener academische Sitzungsberichte Math. nat. Cl. XLV. S. 171—226.

**) Ueber die Respiration der Muskeln. Müller's Archiv. 1850. S. 393—416.

***) Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. 1797. II. S. 282—286

säureproduction des Muskels in sauerstoffhaltiger Luft zurückbleibt. Es konnte also nur ein Theil der von dem lebenden Muskel ausgehauchten Kohlensäure als direkt durch Oxydation der Muskelsubstanz, durch den Sauerstoff der Atmosphäre erzeugt betrachtet werden. Die Hauptmenge der Kohlensäure stammte aus einer anderen, physiologischen Quelle. Dass aber die Sauerstoffaufnahme des Muskels aus der Luft ebenfalls ein physiologischer Vorgang sei, ergaben die schon angeführten Versuche, welche bewiesen, dass der Muskel in sauerstoffhaltiger Luft länger lebt als in sauerstofffreier, dass also der aus der Luft nachgewiesenermassen aufgenommene Sauerstoff eine erhaltende Wirkung auf das Muskelleben äussere.

Die Entdeckung der Muskelrespiration machte ein bedeutendes Aufsehen, da sie der erste und einzige Nachweis eines Stoffwechsels in den vom Gesammtkörper getrennten noch leistungsfähigen Organen war und weil sie beweist, dass dieser Organ-Stoffwechsel wenigstens in dem Muskel nach den Gesetzen des Stoffwechsels des Gesammtorganismus erfolgt.

Die Untersuchungen Valentin's*) über dieselbe Frage trugen wesentlich zur Klärung der Ansichten über Muskelathmung bei. Er zeigte, dass das Phänomen der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe nicht allein dem lebenden Muskel angehöre, er zeigte, dass auch der abgestorbene und faulende Muskel sowie andere Gewebe ein analoges Verhalten erkennen lassen. Seine Versuche machten dadurch auch für die Respiration des lebenden Muskels ein Einmischen solcher einfacher Oxydationsprocesse mehr als wahrscheinlich, wie sie jeder feuchte organische Körper in sauerstoffhaltiger Luft zeigt, ein Theil der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe auch des lebenden Muskels durfte nach den Beobachtungen Valentin's jedenfalls auf diese einfache Oxydation bezogen werden. Dabei hatte sich aber doch ergeben, dass der Gasaustausch zwischen lebendem und todtem Muskel insofern eine wesentliche, innere Verschiedenheit zeigte, dass letzterer neben der Aufnahme und Abgabe von Sauerstoff und Kohlensäure auch noch eine Stickstoffabgabe erkennen liess.

Die wesentlichsten Entdeckungen G. v. Liebig's blieben durch Valentin unbestritten. Die Kohlensäureabgabe des Muskels in sauerstofffreien Gasen, beweist für diesen Vorgang eine Unabhängigkeit von der Fäulniss, wie wir jenen gewöhnlichen Oxydationsvorgang schlechtweg nennen wollen. Diese Kohlensäureabgabe blieb also auch nach den Versuchen Valentin's ein unbestreitbar physiologischer Vorgang; die Kohlensäuremenge, welche bei der Athmung des lebenden Muskels producirt wird, ist also nur zum (kleineren) Theil als Produkt der Fäulniss zu betrachten, die schon bei dem lebenden Muskel beginnt.

Für den Vorgang der Sauerstoffathmung des lebenden Muskels war aber, wie es schien, eine solche vollkommene Trennung der wirklich physiologischen Sauerstoffaufnahme von der Fäulniss-Sauerstoffaufnahme experimentell un-

*) Ueber die Wechselwirkung der Muskeln und der sie umgebenden Atmosphäre. Archiv f. phys. Heilkunde. XIV. S. 431—478. 1855. — a. s. O. 1859. S. 477 f. Ueber das Verhalten des Stickstoffs dabei cf.: Grundriss der Physiologie. S. 523 ff. 1855.

möglich, obwohl das längere Leben der in sauerstoffhaltiger Luft befindlichen Muskeln eine physiologische Sauerstoffaufnahme nach wie vor sicher erwies.

Die Muskelrespiration hat bis in die letzte Zeit keine neue Bearbeitung erfahren, wenn wir von den Beobachtungen über Veränderung derselben durch den Tetanus absehen, die keine neuen Gesichtspunkte für die Hauptfragen ergeben.

In letzter Zeit hat L. Hermann*) die älteren Angaben geprüft und vollkommen bestätigt. Er versuchte es, die physiologische Sauerstoffaufnahme von der durch Fäulniss bedingten bei der Muskelrespiration zu trennen, indem er die Sauerstoffaufnahme möglichst ähnlicher lebender und todter Muskeln desselben Thieres mit einander quantitativ verglich. Seine Versuche ergaben geringe Unterschiede in der Sauerstoffaufnahme beider, die zwar meist zu Gunsten des lebenden waren, der also mehr Sauerstoff aufgenommen hatte, in einem Falle aber zeigte sich die Sauerstoffaufnahme der todten und lebenden Muskeln fast gleich (kleines Uebergewicht des lebenden), in einem seiner Versuche überstieg sogar die Sauerstoffabsorption des todten die des lebenden**).

Man erkennt sogleich, dass mit diesem Misslingen eines direkten Nachweises einer physiologischen Sauerstoffaufnahme des lebenden Muskels die Frage nach keiner Richtung einen Fortschritt gemacht hatte.

Sind wir denn berechtigt zu glauben, dass die physiologische Sauerstoffaufnahme in den Muskel bei der Muskelrespiration eine quantitativ bedeutendere sein müsste als die Fäulniss-Sauerstoffaufnahme?

Es beweisen derartige Versuche Nichts weiter als ihr direktes Ergebniss, dass unter den beobachteten Bedingungen die Sauerstoffaufnahme des lebenden und eines möglichst ähnlichen todten Muskels annähernd gleich seien. Ob aber die eine der beiden Grössen eine Summe von zweien an sich zwar gleichartigen aber im Ursprung verschiedenen Grössen sei, darüber können sie natürlicherweise Nichts lehren. Es wäre selbstverständlich ebensowenig möglich gewesen, aus derartigen Versuchen einen Schluss zur Entscheidung dieser hier einzig wichtigen Frage zu ziehen, wenn die Versuche ein bedeutenderes Uebergewicht der Sauerstoffabsorption der lebenden oder der todten Muskeln ergeben hätten.

Die von Hermann erneute Prüfung der A. v. Humboldt'schen Versuche über Lebensdauer der Muskeln in verschiedenen Gasen bestätigte für grössere, massigere Muskeln die altgewonnene Thatsache von der lebenserhaltenden Wirkung des Sauerstoffs. Es zeigte sich also auch nach seinen Beobachtungen eine unzweifelhafte physiologische Betheiligung des vom Muskel notorisch aufgenommenen Sauerstoffs an den Lebensvorgängen.

Der Fortschritt, welcher sich für unsere Frage aus den Untersuchungen Hermann's ergibt, ist vor allem***) der, dass es ihm gelang, die nicht physiolo-

* Untersuchung über den Stoffwechsel der Muskeln, ausgehend vom Gaswechsel derselben. 1867 (Hirschwald).

**) cf. unten §. 3.

*** Die von mir und Valentin a. a. O. beobachtete Veränderung in der Kohlensäure-

gische Sauerstoffwirkung auf den lebenden Muskel bis zu einem gewissen Grade direkt zur Anschauung zu bringen. Er fand nämlich, dass im Gegensatz zu dem oben Gesagten in sauerstoffhaltigen Gasen sehr dünne, kleine Muskeln, wie der Sartorius des Frosches, die dem Sauerstoff eine verhältnissmässig grössere Oberfläche bieten, etwas rascher absterben als in sauerstofffreien Gasen.

Man musste daraus schliessen, dass die durch VALENTIN zuerst erkannte neben der physiologischen einhergehende Fäulniss-Aufnahme von Sauerstoff in den Muskel das Leben des Muskels zu vernichten strebt, dass also auch die erhaltende Wirkung des Sauerstoffs der Luft auf das Leben des ausgeschnittenen Muskels eine Summe aus wenigstens zwei Grössen ist, von denen die eine im positiven, die andere im negativen Sinne gleichzeitig wirksam wird. Welche Grösse in ihren Wirkungen überwiegt, hängt von gleichzeitigen äusseren Bedingungen ab, die entweder den Fäulnissvorgang oder die Athmung des Muskels begünstigen. Dieser Versuch zeigt, dass ein unter Umständen erfolgendes Ausbleiben des von A. v. HUMBOLDT zuerst bemerkten Sauerstoffeinflusses an sich ebensowenig im Stande wäre, irgend Etwas gegen die Existenz der erhaltenden Wirkung des Sauerstoffes zu beweisen, wie die erst besprochene ziemlich gleichmässige Sauerstoffaufnahme lebender und todter Muskeln.

HERMANN konnte wie gesagt in seinen Beobachtungen eine physiologische Sauerstoffaufnahme des Muskels nicht nachweisen. Er baut vor allem auf dieses und einige weitere negative Resultate ein neues System des Muskelstoffwechsels und der thierischen Electricität auf, ein Gebiet auf das wir ihm nicht folgen wollen*). Im Folgenden (§. 3) soll nur gezeigt werden, dass die von ihm gesuchte aber nicht aufgefundene physiologische Sauerstoffresorption aus der Luft neben der Fäulniss-Sauerstoffaufnahme bei dem lebenden Muskel existirt und verhältnissmässig leicht nachweisbar ist. Die angedeuteten Schlussfolgerungen aus seinen negativen Versuchen werden damit von selbst gegenstandslos, ebenso die Angriffe aus seiner Theorie gegen meine älteren Beobachtungen.

Nehmen wir die physiologische Bedeutung der ganzen Muskelrespiration als erwiesen an, wozu erst im §. 3. dieses Capitels der letzte Beweis geliefert werden wird, so ist es klar, welchen Weg wir zur Entscheidung über den Gasverkehr der Nervensubstanz mit ihrer Umgebung am einfachsten werden einschlagen können.

Im Folgenden soll gezeigt werden, dass die Nervensubstanz während des Lebens einen der Muskelrespiration ganz analogen Gasverkehr erkennen lässt. Dass sie Sauerstoff aus der Luft aufnimmt und dafür Kohlensäure an dieselbe abgibt, worüber bisher nur einige Versuche VALENTIN's bekannt sind.

Es wird sich auf demselben einfachen Wege wie bei dem Muskel (Athmen

abgabe der Muskeln in Folge vorausgegangenen Tetanus bestätigte HERMANN. Es bleibt unverständlich, wie er sich berechtigt finden kann, diese vor Jahren gemachte Beobachtung sich zuzueignen. Ueber die Genauigkeit meiner Methode siehe im Folgenden.

*) Man vergleiche darüber: E. du BOIS-REYMOND. Widerlegung der von LUDIMAR HERMANN kürzlich veröffentlichten Theorie der electromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven. Auszug aus dem Monatsbericht d. kgl. Akad. d. W. zu Berlin 1867.

in Wasserstoffgas) ergeben, dass die Kohlensäureproduktion der lebenden Nervensubstanz zum überwiegenden Theil mit Fäulniss Nichts zu thun hat, dass sie also ein wahrhaft physiologischer Vorgang sei.

Für die Sauerstoffaufnahme wird sich ebenso eine vollkommene Gleichheit für den Muskel und Nerven ergeben, so dass demnach unser Nachweis der physiologischen Sauerstoffaufnahme des Muskels die physiologische Bedeutung des entsprechenden Vorganges für den Nerven mit beweist. Gehen wir nun sogleich zu den Versuchen über.

## §. 2. Versuche*).

Zu den Athemversuchen der Nervensubstanz wählte ich vor allem Gehirne von Tauben, die sowohl ihrer Grösse nach gut entsprechen als auch mit wenig Kosten und leicht frisch zu erhalten sind. Nur einige Versuche, welche die Kohlensäureabgabe des Gehirnes qualitativ ergaben, wurden an Kaninchengehirnen angestellt.

Die Tauben wurden durch Abschneiden des Kopfes getödtet, wobei sowohl der Rumpf als der Kopf ausbluteten, so dass das Gehirn fast vollkommen blutfrei wurde. Ausspritzen mit einer Kochsalzlösung, um das Blut gänzlich zu entfernen, konnte wegen des raschen Absterbens der Nervensubstanz nicht Anwendung finden, da diese ja möglichst mit ihren Lebenseigenschaften versehen untersucht werden sollte.

Um den Einfluss des im Gehirne nach äusserlicher sorgfältiger Reinigung und nach Verbluten noch restirenden Blutes übersehen zu können, stellte ich eine Blutmengenbestimmung im Gehirne nach der Welcker'schen Methode an. Sie ergab folgendes, zufriedenstellendes Resultat.

### Versuch I.

**Blutmengenbestimmung im verbluteten Taubengehirne.**

Gehirn der Taube verblutet und äusserlich von Blut mit Filtrirpapier in derselben Weise wie bei den folgenden Versuchen gereinigt.

Gewicht des Gehirnes 1,83 Grmm.

Es wurde fein zerschnitten und mit 20 cc Wasser angesetzt, 24 Stunden stehen gelassen, dann filtrirt.

1 cc Blut derselben Taube wurde abgemessen mit 100 cc aq versetzt.

Davon 10 cc herausgenommen und mit 200 cc Wasser versetzt, die Flüssigkeit ist noch deutlich roth, während die Waschflüssigkeit des Gehirnes nur röthlichgelb ist, letztere ist also noch weit verdünnter. Bei weiterer Verdünnung des Probe-Blutes wird das Urtheil ungenau, jedenfalls war im Gehirne procentisch weniger Blut enthalten als in der Blutverdünnung.

20 cc der Blutverdünnung enthalten: 0,00943 cc flüssiges Blut oder bei einem specifischen Gewicht von 1055 = 0,00995 Grmm. Legen wir die genauen jeden-

*) Versuche über das Leben der Nerven in verschiedenen Gasen finden sich Capitel VI.

falls hier zu hohen Werthe der Blutkörperchenbestimmung von Hoppe (am Pferdeblute gewonnen) zu Grunde, so enthielt diese Blutmenge etwa: 0,00326 Grmm. feuchte oder 0,00142 Grmm. trockene Blutkörperchen mit noch 0,7 % Asche.

Nehmen wir diese ganze Menge fester Stoffe als Haemoglobin an, so enthielte das Gehirn doch nicht mehr als etwa 1 Milligramm des Blutfarbestoffes, eine Grösse die wir doch sicher als verschwindend bei den folgenden Versuchen ausser Acht lassen dürfen.

---

Der vorstehende Versuch ergibt wenigstens so viel, dass wir das verblutete Gehirn sicher wenigstens ebenso für blutfrei betrachten dürfen, wie die mit Kochsalzlösung ausgewaschenen Muskeln, in denen bekanntlich niemals eine Minimal-Quantität von Hämoglobin fehlt.

Wenden wir uns nach dieser Voruntersuchung zu den Versuchen selbst und zwar zuerst zu den Bestimmungen der von einem Taubengehirne ausgehauchten Kohlensäuremenge und der äusseren Einflüsse auf dieselbe.

Die Gehirne, welche zu diesen Versuchen dienten, wurden wie gesagt möglichst rasch eben geschlachteten Tauben entnommen. Es ist das leicht geschehen, da sich die Hirnschale gut mit einer stärkeren Schere abtragen lässt. Das unverletzte Gehirn wurde sogleich in ein feines, geflochtenes Körbchen von Platindraht und damit in einen abgeschlossenen Luftraum hereingebracht, wo es entweder ruhig bei constanter Temperatur hing oder erwärmt werden konnte.

Als Luftraum verwendete ich aus Gründen, die im folgenden § erörtert werden sollen, kein Eudiometer sondern ein etwas ausgekochtes Wasser enthaltendes Glaskölbchen. Um die in diesem enthaltene Luft möglichst leicht zur Untersuchung ablassen und wieder erneuern zu können, hatte ich dieselbe Ventil-Einrichtung getroffen, die ich bei der Bestimmung der Kohlensäureabgabe des geruhten und tetanisirten Muskels benützt hatte (Tetanus S. 154). Doch wurde hier die Luft nicht wie dort beständig, so lange der Versuch währte, durchgesaugt, sondern erst nach Beendigung des Versuches wurde die Luft durch Absaugen im Kölbchen erneuert. Die Kohlensäurebestimmung geschah, indem die Luft ihre Kohlensäure an Barytwasser, durch welches sie geleitet wurde, abgab, nach der Pettenkofer'schen Methode. Die Genauigkeitsgrenzen dieser Methode sind von v. Pettenkofer selbst besprochen worden. Sie gestattet die scharfe Bestimmung von 0,0001 Grmm. = 0,0508 cc Kohlensäure bei dem Normalbarometerstand (= 1 Meter), eine Genauigkeit, welche von der eudiometrischen Bestimmung kaum erreicht wird.

Vor jeder Versuchsreihe sowie nachher wurde der Apparat einer sorgfältigen Prüfung auf seine Dichtigkeit und Kohlensäurefreiheit unterworfen. Die beiden folgenden, beispielsweise angeführten Controlversuche des Apparates werden seine vollkommene Brauchbarkeit dokumentiren.

## Versuch II und III.

### Controlversuche mit dem Kohlensäurebestimmungs-Apparat.

1. Von dem vorgelegten Barytwasser entsprechen vor dem Versuche: 10 cc = 26,5 cc Normal-Oxalsäure = 26,5 Milligrammen Kohlensäure.

Es wird 15 Minuten lang Luft durch den Apparat gesaugt. 15 cc Barytwasser waren vorgelegt, davon wurden 10 cc nachtitrirt.

Sie erfordern nach dem Versuche zur Neutralisation: 26,4 cc Oxalsäure. Es wurden also in 15 Minuten absorbirt: 0,00015 Grmm. Kohlensäure.

Nun wurde der Apparat geöffnet und in dem Glase, in welches das Gehirn kommen sollte, so handirt, wie es bei dem Hereinbringen des Gehirnes erfolgt. Dann der Apparat wieder geschlossen und wieder 15 Minuten lang gesaugt. Es trat nun keine erkennbare Spur einer Neutralisirung des Barytwassers auf: 10 cc desselben, die vor dem Versuche 26,5 cc Oxalsäure zur Neutralisation bedurften, bedurften nach dem Versuche ebenfalls 26,5 cc. Es geht aus diesem Versuche hervor, dass während des Einbringens des Gehirnes in den vorher $CO_2$-freien Apparat keine erkennbare $CO_2$-Menge in denselben hereingelangt; und weiter, dass der Apparat vollkommen dicht ist, so dass nach der Absorption der im schädlichen Raume des Apparates in der Luft enthaltenen Kohlensäure, keine Kohlensäure von aussen mehr hereintritt.

2. Derartige Versuche ergaben nach stundenlangem Saugen das gleiche Resultat, z. B.:

Beginn des Controlversuches 11 hor. 17′
Ende » » 12 hor. 17′.

Von dem vorgelegten Barytwasser entsprachen wie oben 10 cc genau 26,5 cc Oxalsäure vor dem Versuch, nach dem Versuche dagegen nur 26,4 cc, so dass es waren 15 cc Barytwasser vorgelegt) wieder nur 0,00015 Grmm. $CO_2$ absorbirt waren = 0,0762 cc bei N. B. Kohlensäure. In den folgenden Versuchen entsprach 1 Millimeter der nicht reducirten Theilung der verwendeten Eudiometer (Absorptionsröhren im Durchschnitt etwa: 0,25 cc, ein halber Theilstrich ist noch mit Sicherheit abzulesen = 0,125 cc. Die mit meinem Apparate bestimmte Fehlergrenze ist also etwa halb so gross, meine Bestimmungen nach der v. PETTENKOFER'schen Methode innerhalb sehr kleiner Werthe also etwa doppelt so genau als die mit dem Eudiometer.

---

Nach dieser Darlegung der Methode können wir nun zur Beschreibung der Versuche selbst übergehen. Sie ergeben ausnahmslos eine nicht unbeträchtliche $CO_2$-Production des Gehirnes, die mit dem Verschwinden der Lebenseigenschaften des Gehirnes abnimmt, aber nicht vollkommen aufhört, bei dem Eintritt der Fäulniss dagegen wieder nicht unbeträchtlich ansteigt.

Ebenso wie bei dem Muskel kann man durch Erwärmen des Gehirnes auf die Temperatur der Wärmestarre (45°C.) eine grössere Kohlensäureproduction auf ein Mal erzielen, welche vielleicht als Ausdruck der bis zum Absterben physiologisch erzeugten und abgegebenen Kohlensäure-Menge angesehen werden könnte (cf. V. V—VII). Aehnliches tritt bei dem Erwärmen auf 100°C. ein. Die Kohlensäureproduction des Gehirnes zeigt selbstverständlich, da unter keinen Umständen die Versuchsbedingungen absolut genau gleich gehalten werden können, keine quantitative Uebereinstimmung in den verschiedenen Versuchen, es wäre eine vollkommene Verkennung der obwaltenden Verhältnisse, wenn man eine solche erwarten würde. Trotzdem ergeben die quantitativen Versuche immerhin einige Anhaltspunkte für weitere Betrachtungen, so dass wir sie doch einfach qualitativen vorziehen müssen, vor allem werden sie uns bei der Entscheidung der Frage nach der Abhängigkeit der Kohlensäureabgabe in ihrem Verhältnisse zur Sauerstoffaufnahme aus der Luft Dienste leisten.

Im Folgenden werde ich einige besonders übersichtliche Beispiele aus meinen Versuchen auswählen.

## Versuch IV.

**Kohlensäureabgabe des Gehirnes bei dem Absterben in Zimmertemperatur (16° C.).**

Taubengehirn, Gewicht: 2,00 Grmm.

| Versuchs-Nr. | Zeit nach Beginn des Versuchs. | Versuchsdauer in Stunden. | Während des Versuchs abgegebene Gesammt-$CO_2$ in Milligrammen. | Die abgegebene $CO_2$ auf die Stunde berechnet: in Milligrmm. | in CC reducirt. | Abgegebene Kohlensäure in: Gewichtprocenten. | Volumsprocenten*). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 4,0 | 4,00 | 3,90 | **0,98** | 0,498 | 0,050 % | 23,7 % |
| 2. | 20,5 | 16,50 | 4,05 | **0,25** | 0,127 | 0,0123 » | 6,0 » |
| 3. | 23,0 | 2,58 | 0,60 | **0,24** | 0,122 | 0,0120 » | 5,8 » |
| 4. | 28,0 | 5,00 | 0,90 | **0,18** | 0,094 | 0,0090 » | 4,3 » |
| 5. | 45,2 | 16,68 | 1,50 | **0,09** | 0,046 | 0,0045 » | 2,2 » |
| 6. | 48,0 | 2,2 | 0,90 | **0,42** | 0,219 | 0,0210 » | 10,4 » |
| 7 | 53,1 | 5,75 | 2,40 | **0,42** | 0,219 | 0,0210 » | 10,4 » |

Der Versuch zeigt die nach und nach eintretende Verminderung der Kohlensäureabgabe während und nach dem Eintritt der Gewebssäuerung recht deutlich, nach zwei Tagen trat im Gefolge der Fäulniss nun wieder eine bedeutende Steigerung der Kohlensäureabgabe ein.

Es weist uns diese Beobachtung darauf hin, dass wir es bei der Kohlensäureabgabe des Gehirnes unzweifelhaft ebenso wie bei dem Muskel mit zwei verschiedenen Ursachen zu thuen haben, von denen wir die eine als physiologische Kohlensäureproduction, die andere als Fäulniss bezeichnen dürfen.

Um die bei dem physiologischen Vorgange des Absterbens der Gehirnsubstanz entstehende Kohlensäure-Gesammtquantität annähernd bestimmen zu können, schien der Weg durch die Beobachtung, dass es eine eigentliche Wärmestarre der Nervensubstanz gibt, vorgezeichnet. Das Gehirn musste im geschlossenen Luftraum todtenstarr gemacht und dann die während dieser Zeit producirte Kohlensäuremenge bestimmt werden. Ich schliesse an einige derartige Versuche auch einen an, in welchem durch Erhitzen auf 100° C. die Kohlensäure aus dem Gehirne rasch gewonnen wurde.

## Versuche V, VI und VII.

**Kohlensäureproduction des Taubengehirnes bei dem Absterben in der Wärme.**

V. Gehirn einer Taube: 1,8 Grmm. 30 Minuten lang im Gasapparat auf 45° C. erhitzt, seine Reaction deutlich sauer. Es hatte während der Zeit abgegeben:

1,05 Milligramme Kohlensäure.

*) Das spec. Gewicht des Gehirnes zu 1050 angenommen.

VI. Gehirn einer Taube: 2 Grmm. 30 Minuten lang im Gasapparat auf 45°C. erhitzt, Reaction schwach sauer. Es hatte während der Zeit abgegeben:

2,7 Milligramme Kohlensäure.

Es zeigte sich, dass die Kohlensäureproduction nach 30 Minuten noch nicht beendigt war, es wurde weitere 30 Minuten auf 45°C. erwärmt, währenddem gab das Gehirn ab:

1,05 Milligramme Kohlensäure.

Im Ganzen also betrug die Kohlensäureabgabe während einer Stunde:

3,75 Milligramme Kohlensäure.

VII. Taubengehirn: 2,06 Grmm. 15 Minuten lang auf 100°C. erhitzt, Reaction nachher alkalisch*). In den 15 Minuten des Versuches wurden abgegeben:

2,5 Milligramme Kohlensäure.

---

In dem als Beispiel angeführten Versuche über Kohlensäureproduction des zeitstarr-werdenden Taubengehirnes (V. IV) entziffert sich die Menge Kohlensäure, welche während der ersten Versuchsstunde im Durchschnitt ausgegeben wurde, zu: 0,975 Milligrammen. Das starke Sinken in der Ausscheidungsmenge in den folgenden Versuchsstunden lässt aber vermuthen, dass sich eine Abnahme der Kohlensäuremenge auch schon in den ersten Versuchsstunden möchte ergeben haben.

Direkt darauf gerichtete Versuche zeigten nun, dass die in der ersten Versuchsstunde vom Gehirne gelieferte $CO_2$-Menge wirklich etwa um die Hälfte grösser ist als jene Mittelzahl, ich fand sie im Durchschnitt aus mehreren Versuchen zu: 1,35 Milligrammen.

Die vorstehenden Versuche ergeben demnach, dass wir durch Erwärmen von 30 Minuten auf 45°C. oder von 15 Minuten auf 100°C. eine Kohlensäuremenge aus dem Gehirne entwickeln können, welche meist ziemlich viel grösser ist, als diejenige, welche durch Liegen in feuchtem Raume bei Zimmertemperatur während 1 Stunde aus dem Gehirne austritt. Der letztmitgetheilte Versuch Nr. VI ergibt jedoch deutlich, dass wir diese Mengen durchaus nicht wie wir gehofft als einen Massstab betrachten dürfen für die Beurtheilung der Gesammtkohlensäuremengen, die ein ausgeschnittenes Gehirn physiologisch zu liefern vermag. Der erwähnte Versuch zeigt nur zu deutlich, wie gross auch nach 30 Minuten noch die Kohlensäureabgabe sein kann.

Um eine physiologische Kohlensäureabgabe des Gehirnes unabhängig von gleichzeitiger Fäulniss-Oxydation über allen Zweifel fest zu stellen, wurde die Kohlensäureabgabe des Gehirnes in Wasserstoff der Prüfung unterworfen.

Der Athemapparat wurde, während das Gehirn in ihm enthalten war, mit kohlensäurefreiem, reinem Wasserstoff vollkommen gefüllt, der vor dem Einleiten in das verschlossene Kölbchen entsprechend sorgfältig gewaschen wurde. Das Kölbchen enthielt gasfreies destillirtes Wasser. Der Wasserstoff wurde fort und fort eingeleitet. Der $CO_2$-Bestimmungs-Versuch begann erst nach

---

*) Bekanntlich konnte Funke dieses Alkalischwerden der Nervensubstanz durch Kochen nicht konstatiren. Mir gelang es einige Male vollkommen deutlich.

15 Minuten, als alle Luft aus dem Kölbchen ausgetrieben war und das Gas an der Ausmündungsstelle des Apparates ruhig brannte.

Das Gehirn zeigte in 30 Minuten eine deutliche Kohlensäureentwickelung = Trübung des vorgelegten Barytwassers. Die Quantität der ausgehauchten Kohlensäure wurde nicht genau bestimmt (etwa 1 Milligramm).

In einem zweiten Versuche wurde das Taubengehirn in reinem Wasserstoff 5′ lang auf 100°C. erhitzt und dann noch 25 Minuten im heissen Apparat hängen gelassen.

Die während der 30 Minuten des Versuchs ausgegebene Kohlensäure Menge betrug:

1 (0,98) Milligramm Kohlensäure. Gehirngewicht: 1,88 Gramm.

---

Die Versuche über Athmung des Taubengehirnes in Wasserstoff ergeben also, dass die Kohlensäureabgabe der frischen Nervensubstanz auch in sauerstofffreien Gasen, aber wie es scheint etwas vermindert, eintritt, dass sie demnach zum Theil unabhängig von einem Fäulnissprocesse erfolgt. —

Nach diesen Beobachtungen, welche uns gelehrt haben, dass das lebende Gehirn, aus dem eben getödteten Körper herausgenommen, eine nicht unbeträchtliche physiologische Kohlensäureentwickelung zeigt, ganz analog den ausgeschnittenen Muskeln, wenden wir uns nun zu der Frage, ob diese Kohlensäureabgabe begleitet sei von einer gleichzeitigen Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft.

Die einfache Methode, die ich bei den Versuchen anwendete, welche zur Entscheidung dieser Frage dienten, war folgende.

Es wurde kohlensäurefreie*) Luft nach den Bunsen'schen Methoden der Gasanalyse in eine trockene Absorptionsröhre hereingebracht, getrocknet und dann gemessen.

In dieses gemessene Luftvolumen wurde das Gehirn eingeführt, eingeschlossen in ein ähnliches Platindrahtkörbchen, wie es zum Aufhängen im Kohlensäurebestimmungs-Apparate gedient hatte. Diese Einführung bietet, wenn das Körbchen gut geflochten und der Führungsdraht hinreichend steif ist, nicht die geringste Schwierigkeit dar, und nach einiger Uebung und geeigneter Berücksichtigung der für die Einführung von Absorptionskugeln in die Röhren von Bunsen gegebenen Vorschriften wird durch Einführen und Ausführen des Gehirnes in und aus der Luftmenge diese nicht messbar verändert.

Nach 24 Stunden wurde der Versuch beendigt und das Gehirn aus der Luftmenge, ebenso wie es eingeführt war, wieder entfernt, letztere mittelst mehrmals erneuerter Kalikugeln nach der Bunsen'schen Methode getrocknet und von Kohlensäure befreit und sodann von neuem gemessen. Die ausnahmslos eingetretene Abnahme der Luftmenge nach dem Versuch wurde direkt als Sauerstoffaufnahme betrachtet und in Rechnung gebracht.

Die Haupteinwendung, welche gegen diese Methode gemacht werden kann, ist bei Berücksichtigung der nöthigen Versuchscautelen allein die, dass das Gehirn vielleicht analog wie der Muskel auch etwas Stickstoff an die Atmo-

---

*) Die Luft wurde vor der Einfüllung in die Röhre mehrmals durch Kali geleitet.

sphäre abgibt. Diese Annahme ist jedoch noch nicht erwiesen und die Mengen des abgegebenen Stickstoffs sind, wenn wir analoge Verhältnisse voraussetzen, wie bei dem Muskel während der ersten 24 Stunden so unbedeutend, dass wir sie als unwirksam auf das Versuchsergebniss betrachten dürfen. Dazu kommt noch, dass eine solche vorausgesetzte Stickstoffabgabe des Gehirnes das Resultat der Sauerstoffaufnahme nicht grösser, sondern nur etwas kleiner erscheinen lassen könnte, als sie in Wahrheit ist. Der Fehler scheint also ganz ungefährlich zu sein.

Aus einer grösseren Anzahl von Versuchen wähle ich einige der zuletzt angestellten aus, bei denen ich die nöthige Geschicklichkeit besonders in der Manipulation des Einführens des Gehirnes in die Absorptionsröhre vollkommen sicher erlangt hatte. Es wäre Platzverschwendung, wenn ich die ganzen Versuchsprotocolle hier mittheilen wollte, die doch zuletzt nur beweisen, dass der Experimentator richtig zu rechnen verstand. Der Raum, in dem die Gasanalysen angestellt wurden, erfüllte die von Bunsen geforderten Bedingungen möglichst vollkommen, die Temperaturschwankungen waren während der Versuchszeiten sehr gering, mehrmals nur um Bruchtheile eines Grades.

Das Absorptionsvermögen des Gehirnes für Sauerstoff wurde sowohl bei der gerade vorhandenen Zimmertemperatur gemessen, welche zur Zeit der Versuche meist sehr niedrig war, theils bei erhöhten Temperaturen. Diese wurden durch Versenken einer kleinen gläsernen Quecksilberwanne, welche zu diesen Versuchen diente, mit den Absorptionsröhren in gewärmtes Wasser erreicht. Die Wasserwärme wurde dann während mehrerer Stunden möglichst konstant erhalten, dann der freiwilligen Abkühlung überlassen. Es wurde selbstverständlich bei Beendigung der Versuche alle Sorgfalt verwendet auf die Trocknung der Röhren und des Quecksilbers sowie auf die Erzielung einer vollkommenen Ausgleichung der Temperatur der Apparate mit der der Luft, was ziemlich viel Zeit in Anspruch nimmt.

Die Differenz des Gehirngewichtes bei ausgewachsenen Tauben ist nur sehr gering, sodass sie eine Berechnung auf Volumprocente wenig beeinflusst, im Mittel wiegt ein Gehirn: 2,0 Grmm. Die Berechnung auf Volum wurde daher hier übergangen. 1 Volumen der Absorptionsröhren betrug: 0,26 cc.

## Versuche VIII, IX, X, XI.

**Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen Taubengehirnes aus der Luft.**

1.

Versuchsdauer 24 Stunden.
Taubengehirn frisch, 2,1 Grmm.

| | |
|---|---|
| Mittlerer Barometerstand . . . . . | 721,6 M. M. |
| Mittlere Zimmer-Temperatur . . . . . | 6,1 °C. |
| Anfangsvolumen der Luft reducirt $CO_2$- und aq-frei . | 55,3 Vol. |
| Endvolumen der Luft reducirt $CO_2$- und aq-frei . . . | 54,2 » |
| Das Gehirn hatte während 24 St. aufgenommen | 1,1 Volum Sauerstoff. |

2.

Versuchsdauer 24 Stunden.
Taubengehirn frisch, 2,3 Grmm.

| | |
|---|---|
| Mittlerer Barometerstand . . . . . | 712 M. M. |
| Mittlere Zimmer-Temperatur . . . . . | 10° C. |
| Anfangsvolumen der Luft reducirt . . . . . | 60,0 Vol. |
| Endvolumen der Luft reducirt . . . . . | 54,9 » |
| Das Gehirn hatte in 24 Stunden aufgenommen: | 5,1 Volum Sauerstoff. |

3.

(Versuch 3 und 4 wurden bei höherer Temperatur angestellt, die Gehirne wurden in den Absorptionsröhren mehrere Stunden lang auf 37°C. erwärmt.)

Versuchsdauer 24 Stunden.
Gehirn frisch, 1,89 Grmm.

| | |
|---|---|
| Mittlerer Barometerstand . . . . . | 722 M. M. |
| Mittlere Zimmer-Temperatur . . . . . | 5,0°C. |
| Anfangsvolumen der Luft reducirt . . . . . | 15,8 cc. |
| Endvolumen der Luft reducirt . . . . . | 14,6 cc. |
| Das Gehirn nahm auf in 14 Stunden: | 1,2 cc. |
| | 4,8 Volum Sauerstoff. |

4.

Versuchsdauer 24 Stunden.
Gehirn frisch, 1,85 Grmm.

| | |
|---|---|
| Mittlerer Barometerstand . . . . . | 712 M. M. |
| Mittlere Zimmer-Temperatur . . . . . | 5,0°C. |
| Anfangsvolumen der Luft reducirt . . . . . | 49,9 Vol. |
| Endvolumen der Luft reducirt . . . . . | 45,2 » |
| Das Gehirn nahm auf in 24 Stunden: | 4,7 Volum Sauerstoff. |

Die Versuche ergaben, dass das Taubengehirn, während es Kohlensäure an die Atmosphäre abgibt, dafür auch nicht ganz unbeträchtliche Mengen von Sauerstoff aus dieser aufnimmt. Und zwar steigen diese Mengen wie es scheint mit der steigenden Temperatur. Während bei 6°C. nur 1,1 Volum aufgenommen wurde, stieg diese Grösse auf das Vierfache und mehr bei höheren Temperaturen.

Es ist also durch die in vorstehendem § mitgetheilten Versuche erwiesen, dass die Nervensubstanz ebenso wie die Muskelsubstanz aus dem Körper ausgeschnitten eine Respiration zeigt, die wir füglich analog der geläufigen Bezeichnung: Muskelrespiration als Nervenrespiration benennen dürfen.

Es ist bekannt, dass bei der Muskelrespiration die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe kein vollkommenes Wechselverhältniss erkennen lassen. Die Kohlensäureabgabe ist stets eine weniger beträchtliche als die entsprechende Grösse der gleichzeitigen Sauerstoffabsorption.

Das Gleiche ergeben wie es scheint auch die vorstehenden Versuche für das Gehirn.

Die Kohlensäureabgabe in 24 Stunden beträgt in unserem Versuche IV: 7,73 Milligramme, die grösste von mir beobachtete Menge.

Das Maximum der Sauerstoffaufnahme in 24 Stunden berechnet sich dagegen auf: 2 Milligramme [5,1 Vol. = 1,86 Mg.].

Diese 2 Milligr. Sauerstoff können aber bei der Oxydation 11,3 Milligr. Kohlensäure liefern.

---

Es liegt nach diesen Beobachtungen, welche bis in's Einzelne eine Uebereinstimmung der Nervenathmung mit der Muskelathmung ergaben, noch eine schwierige Aufgabe vor uns.

Es hat sich zwar für das frische Gehirn wie für den Muskel leicht erweisen lassen, dass ein bedeutender Theil der an die Atmosphäre abgegebenen Kohlensäure aus physiologischer Quelle kommt, dass sie sicher nur zu einem Theile aus einem beginnenden Fäulnissvorgange entstammen kann.

Für die Sauerstoffaufnahme in den Nerven dagegen ist eine physiologische Bedeutung damit noch nicht erwiesen.

Die physiologische Bedeutung der Sauerstoffabsorption in den Muskel ergab sich uns bisher allein aus dem Leben-erhaltenden Einfluss, den sie auf (dickere) Muskeln ausübt.

Den neuerdings aufgetauchten Anfechtungen der physiologischen Bedeutung der Sauerstoffaufnahme bei der Gewebsathmung gegenüber liegt es uns ob, diese Frage wo möglich zu einer direkten Entscheidung zu bringen.

Aus nahe liegenden Gründen werden wir uns bei der folgenden Untersuchung auf den zählebigen Froschmuskel beschränken.

## §. 3. Nachweis einer **physiologischen Sauerstoffaufnahme** des ausgeschnittenen, blutfreien Froschmuskels aus der ihn umgebenden Atmosphäre.

Vom **Verfasser** und st. med. **E. Daxenberger.**

Herrn L. Hermann's Versuche über die physiologische Bedeutung der Sauerstoffaufnahme des Muskels bei der Muskelathmung haben zu keinem entscheidenden Resultate geführt.

Während die erneute Bestätigung der alten A. v. Humboldt'schen Versuche (cf. §. 1) für eine physiologische Betheiligung des aufgenommenen Sauerstoffes an dem Muskelleben sprach, traten die Differenzen in der Sauerstoffaufnahme möglichst ähnlicher lebender und todter Muskeln nicht so in die Augen springend hervor, als man es wohl glaubte erwarten zu dürfen.

Zur Entscheidung der Frage, ob ein grösserer oder geringerer Theil des vom lebenden Muskel aus der Atmosphäre aufgenommenen Sauerstoffes auf Rechnung eines von dem Fäulnissvorgange unabhängigen Lebensvorganges zu setzen sei, ergab sich aber ein sehr einfacher Weg, der uns, wie die folgenden Versuche lehren werden, zum erwünschten Ziele führte.

Es ist klar, dass wir dadurch zur Entscheidung der Frage kommen würden, wenn wir die zu vergleichenden lebenden und todten Muskeln Bedingungen unterwerfen könnten, welche in verschiedener Weise das Muskelleben und den Fäulnissvorgang beeinflussen. Würden wir eine Bedingung finden, bei welcher das Muskelleben und mit ihm die während desselben erfolgende physiologische Sauerstoffaufnahme fortbesteht, während die Fäulniss aufhört, so würden wir im Stande sein, ähnlich wie es durch Athmung der Muskeln und

Gehirne in Wasserstoff für die physiologische Kohlensäureabgabe möglich war, die physiologische Sauerstoffaufnahme direkt zu beweisen, sie allein für sich, gesondert von der sonst gleichzeitigen Fäulniss-Sauerstoffaufnahme sichtbar zu machen.

Eine derartige Bedingung existirt in den verschiedenen Temperaturen, bei denen man experimentirt.

Bei einer dem Gefrierpunkte gleichen oder sehr nahen Temperatur hören, wie wir wissen, die Fäulnissprocesse vollkommen oder fast vollkommen auf.

Bei dieser niederen Temperatur geht jedoch bei Fröschen das Muskelleben noch (fast) ungestört seinen normalen Gang.

Ist das Muskelleben mit einer physiologischen Sauerstoffaufnahme bei der Muskelathmung verbunden, so muss bei dem Vergleiche der Sauerstoffaufnahme lebender und todter Muskeln mit der sinkenden Temperatur die Differenz in der Sauerstoffaufnahme zu Gunsten des lebenden Muskels zunehmen, bei der Temperatur des Gefrierpunktes muss die Sauerstoffaufnahme des lebenden Muskels noch fortbestehen, während die Sauerstoffaufnahme des todten Muskels (auf Fäulniss beruhend) verschwunden oder wenigstens auf ein Minimum reducirt sein muss.

Ehe wir aber zur experimentalen Erforschung des Einflusses schreiten, den die Temperatur auf die Sauerstoffaufnahme lebender und todter Muskeln hat, haben wir uns mit den vorliegenden Untersuchungen Herrn Hermann's noch etwas näher zu beschäftigen.

Ordnen wir zuerst alle seine angegebenen Versuche neben einander tabellarisch*).

Sauerstoffaufnahme der lebenden und todten Muskeln desselben Frosches nach L. Hermann.
(Bei 15°—20,5° C. angestellt).

| Versuche nach Hermann. | Zustand des Muskels. | Sauerstoffaufnahme. Vol.-Proc. | Sauerstoffmehraufnahme des lebenden Muskels. | Procentische Sauerstoffmehraufnahme des lebenden Muskels, die Sauerstoffaufnahme des todten = 100 gesetzt. |
|---|---|---|---|---|
| (21.) 1. | lebend<br>wärmestarr | 11,84 %<br>7,64 » | + 4,2 % | + 55 % |
| (22.) 2. | lebend<br>wärmestarr | 19,34 %<br>15,44 » | + 3,9 % | + 25 % |
| (23.) 3. | lebend<br>wärmestarr | 18,35 %<br>15,62 » | + 2,73 % | + 17 % |
| (24.) 4. | lebend<br>wärmestarr<br>(nicht entblutet) | 23,44 %<br>14,77 » | + 8,67 % | + 58 % |
| (25.) 5. | lebend<br>wasserstarr | 13,86 %<br>15,61 » | — 1,75 % | — 15 % |
| (26.) 6. | lebend<br>wasserstarr | 14,82 %<br>14,56 » | + 0,26 % | + 2 % (1,8 %) |

*) Der Mangel solcher Tabellen erschwert die Uebersicht über Herrn Hermann's Untersuchung in hohem Grade.

Unter 6 Fällen sehen wir nur einmal die Sauerstoffaufnahme des todten (wasserstarren) Muskels grösser als die des mit ihm verglichenen lebenden, sonst überwiegt in allen von Hermann mitgetheilten Fällen die Sauerstoffaufnahme des lebenden, und wie man sieht nicht unbeträchtlich!

Aus diesen Versuchen leitet Herr Hermann den Schluss ab, dass die Vorgänge der Sauerstoffaufnahme des lebenden und des todten Muskels identische, gleichwerthige seien.

Unser Versuchsplan muss das entscheiden können. Sprechen wir seine Grundzüge noch einmal aus:

Sind die Processe der Sauerstoffaufnahme des lebenden und des todten Muskels identisch, wie das Hermann behauptet, so müssen beide von äusseren Einwirkungen, z. B. Temperaturveränderungen, in gleicher Weise beeinflusst werden. Zeigt sich diese Gleichheit in dem Verhalten nicht, so ist damit auf das sicherste erwiesen, dass diese behauptete Identität nicht besteht, dass wir es hier mit zwei verschiedenen Vorgängen aus verschiedenen Ursachen hervorgehend zu thun haben.

Die Versuchsmethode der Sauerstoffbestimmung ist die gleiche wie sie bei dem Nachweis der Gehirn-Sauerstoffaufnahme gedient hatte.

Als Muskelpräparat dienten die beiden Oberschenkel eines Frosches, der mit 0,7 % Kochsalzlösung ausgespritzt war. Die Schenkel waren mit möglichster Vermeidung grösserer Muskelquerschnitte durch einen Schnitt durch die Symphyse getrennt; waren die Schnitte zuerst etwas ungleich ausgefallen, so wurden sie nachträglich möglichst gleich gemacht. Nach dem Ausschneiden wurden die Schenkel auf das sorgfältigste von anhaftenden Flüssigkeiten gereinigt und gewogen. Nun wurden sie an etwas stärkere Platindrähte befestigt, als sie gewöhnlich bei den Absorptionskugeln für die Gasanalysen dienen und in Kochsalzlösung gelegt. Der eine in der Kochsalzlösung wärmestarr gemacht*). Es war nun nothwendig**), sie noch auf gleiche Temperatur abzukühlen, ehe sie in die Absorptionsröhren in ein gemessenes, kohlensäurefreies und trockenes Luftquantum eingeführt wurden. Diese Einführung hat bei einiger Uebung auch nicht die leiseste Schwierigkeit, sie gelingt genau ebenso sicher ohne nachweisbare Volumveränderung des Luftvoluns in der Röhre, wie die Ein- und Ausführung einer Absorptionskugel, was freilich auch geübt sein will.

Innerhalb der Röhren wurden die Muskeln nun verschiedenen Temperaturen meist 24 Stunden lang ausgesetzt und ihre Sauerstoffaufnahme nach dem Herausnehmen bestimmt, durch Trocknen und Absorption der Kohlensäure mittelst mehrmals eingeführter Kalikugeln und Zurückmessen der Luft.

Diese Messungen sowie das Ein- unn Ausführen der Muskeln in die Röhren und aus denselben wurde mit der grösstmöglichen Sorgfalt ausgeführt, wie

*) Die Wärmestarre wurde darum gewählt, weil sich Herrn Hermann's meiste Versuche auf diese Todesart beziehen. Die »Wasserstarre«, welche die Fäulniss des Muskels nach den Hermann'schen beiden Versuchen begünstigt, schien ein zu wenig exact in jedesmal ähnlicher Weise herstellbarer Zustand zu sein, als dass er sich hiezu hätte empfehlen können.

**) Worauf Herr Hermann nicht aufmerksam macht.

sie die Bunsen'schen Methoden lehren. Die Resultate machen also auf volle Genauigkeit Anspruch.

Geben wir nun zu den Beobachtungen selbst über. Das specifische Gewicht der Muskeln ist zu 1058 angenommen. Die Volumeneinheit, auf welche die Absorptionsröhren calibrirt wurden, war wie in §. 2. = 0,26 cc.

## Versuche I—VI.

**Sauerstoffaufnahme der lebenden und todten Muskeln desselben Thieres bei verschiedenen Temperaturen verglichen.**

### A. Versuche I. und II.

Bei 45°—55°C.

Die Muskeln wurden in den Absorptionsröhren 20 Minuten lang auf die angegebene Temperatur erwärmt, dann herausgenommen.

I.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel lebend: . . | 3,115 Grmm. | = 2,944 cc. | |
| Muskel todtenstarr: | 3,100 » | = 2,930 cc. | |
| Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff: . . . . | | | 1,58 Vol. |
| Der todte » » » » . . . . | | | 1,13 » |

II.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel lebend: . . | 6,46 Grmm. | = 5,160 cc. | |
| Muskel todtenstarr: | 5,49 » | = 5,179 cc. | |
| Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff: . . . . | | | 2,20 Vol. |
| Der todte » » » » . . . . | | | 2,18 » |

### B. Versuche III. und IV.

Bei einer Mitteltemperatur von 9°C. angestellt.

III.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel lebend: . . | 4,33 Grmm. | = 4,092 cc. | |
| Muskel todtenstarr: | 4,13 » | = 3,903 cc. | |
| Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff: . . . . | | | 8,9 Vol. |
| Der todte » » » » . . . . | | | 2,8 » |

IV.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel lebend: . . | 3,41 Grmm. | = 3,223 cc. | |
| Muskel todtenstarr: | 3,32 » | = 3,147 cc. | |
| Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff: . . . . | | | 6,7 Vol. |
| Der todte » » » » . . . . | | | 5,3 » |

### C. Versuche V. und VI.

Bei einer Mitteltemperatur von 2°C. angestellt.

V.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Muskel lebend: . . | 3,66 Grmm. | = 3,459 cc. | |
| Muskel todtenstarr: | 3,55 » | = 3,355 cc. | |
| Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff: . . . . | | | 3,3 Vol. |
| Der todte » » » » . . . . | | | 0,4 » |

VI.

Muskel lebend: . . 3,34 Grmm. = 3,159 cc.
Muskel todtenstarr: 3,32 » = 3,139 cc.
Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff: . . . . . 3,5 Vol.
Der todte » » » » . . . . . 0,2 »

Der grösseren Uebersichtlichkeit wegen stellen wir die Resultate der vorstehenden 6 Versuche noch in einer einzigen Tabelle zusammen. Da die Muskelgewichte fast gleich sind und die Gewichtsbestimmungen der Knochen nach dem Versuche kaum einige Willkührlichkeiten vermeiden lassen, wegen der mit den Muskeln verbundenen nur unvollkommen trennbaren Sehnen und Bänder, welche natürlich bei dem Abpräpariren mit in Rechnung zu ziehen sind, scheint es zweckmässig, auch die direkt im Versuche gemessenen, nicht auf Volumprocente umgerechneten Werthe mit in die Tabelle einzustellen. Würden wir annehmen, es seien die Gewichte der verglichenen Muskeln in je einem Versuche vollkommen gleich gewesen, so würden die gemessenen Werthe direkt vergleichbar sein; wirklich ist die Differenz der Gewichte so gering, dass eine solche Annahme gerechtfertigt erscheint.

**Tabelle**

über die Sauerstoffabsorption lebender und wärmestarrer Muskeln desselben Thieres bei verschiedenen Temperaturen.

| Versuchs-Nr. | Temperatur. | Zustand des Muskels. | Sauerstoffaufnahme direkt gemessen nach Volumeinheiten der Absorptionsröhre. | Sauerstoffaufnahme auf Volumprocente des Muskels berechnet. | Mittlere Differenz der Sauerstoffaufnahme in je zwei Versuchen nach Vol. %. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 45°—55° C. | lebend | 4,58 Vol. | 48,95 % | 2,04 % |
| | | wärmestarr | 4,18 » | 40,06 » | |
| 2. | » | lebend | 2,20 Vol. | 44,08 % | |
| | | wärmestarr | 2,48 » | 40,94 » | |
| 3. | 7,2°—9° C. | lebend | 5,9 Vol. | 57,48 % | 14,72 % |
| | | wärmestarr | 2,8 » | 47,62 » | |
| 4. | » | lebend | 6,7 Vol. | 54,08 % | |
| | | wärmestarr | 5,3 » | 44,50 » | |
| 5. | 0°—7° C. | lebend | 3,3 Vol. | 24,77 % | 24,73 % |
| | | wärmestarr | 0,4 » | 3,40 » | |
| 6. | » | lebend | 3,5 Vol. | 28,84 % | |
| | | wärmestarr | 0,2 » | 4,04 » | |

Das Resultat ist vollkommen schlagend:

Die Sauerstoffaufnahme des lebenden und des todten Muskels sind wesentlich verschiedene Processe, indem sie in wesentlich verschiedener Weise von den gleichen äusseren Versuchsbedingungen beeinflusst werden.

Die Sauerstoffaufnahme des todten Muskels zeigt sich in ihrer absoluten Abhängigkeit von der Temperatur als ein gewöhnlicher chemischer Oxydationsvorgang (Fäulniss), der die ihm unterliegende Muskelsubstanz der allmähligen Zerstörung entgegenführt.

Die Sauerstoffaufnahme des lebenden Muskels ist dagegen in nicht unbeträchtlichem Grade von der Temperatur unabhängig, in so fern als eine Temperaturerniedrigung, welche die einfachen chemischen Oxydationsprocesse zum Verschwinden bringt, diese Aufnahme des Sauerstoffs in den lebenden Muskel nur unwesentlich beeinträchtigt.

Wir konnten zeigen, dass die lebenden und todten Muskeln sich bei niedrigster Temperatur, in welcher die Lebenseigenschaften der Gewebe eben noch fortbestehen, in Beziehung auf ihren Sauerstoffverbrauch sehr verschieden verhalten: hier war für den todtenstarren Muskel der Sauerstoffverbrauch kaum zu constatiren = Null, während der lebende Muskel in regelmässiger Weise fortfuhr Sauerstoff in sich aufzunehmen. Wir haben so in dieser Erniedrigung der Versuchstemperatur das Mittel gefunden, eine physiologische Sauerstoffaufnahme des lebenden Muskels fast vollkommen rein von jedem nicht physiologischen Oxydationsvorgange zu beweisen.

Wir müssen demnach Hermann's Behauptung, dass eine solche physiologische Sauerstoffaufnahme nicht nachweisbar sei, entgegentreten.

Mit steigender Temperatur sehen wir die nicht physiologische Oxydation der todten Muskelsubstanz zunehmen, die Sauerstoffaufnahme der lebenden und todtenstarren Muskeln nähert sich dadurch in ihren Grössen mehr und mehr, bis endlich etwa bei 50°C., wie mein Versuch Nr. 2. beweist, kein Unterschied in der Sauerstoffaufnahme beider mehr nachweisbar ist. Hermann's Resultate fügen sich sehr gut in die Reihe dieser Beobachtungen ein. Seine Versuche 21, 22, und 23 (1—3 in unserer Tabelle S. 29. NB. Nr. 24 [4] ist nicht vergleichbar, da er an nicht entbluteten Muskeln angestellt wurde) sind bei Sommertemperaturen angestellt zwischen 15°—20,5°C. Die mittlere Differenz der Sauerstoffaufnahme der lebenden und todten Muskeln fällt dadurch etwas kleiner aus als in meinen bei viel niedrigeren Temperaturen angestellten Versuchen Nr. 3 und 4.

Mit den seinigen bilden meine Versuche folgende Reihe mit Rücksicht auf die Temperaturverhältnisse während der Versuche:

| Temperatur: | vom lebenden Muskel mehr als vom todten Muskel aufgenommener Sauerstoff: |
|---|---|
| 0° — 2°C. | 24,73 Vol. % |
| 7° — 9°C. | 14,72 » |
| 15° — 20°C. (Hermann's Versuche) | 3,61 » |
| 45° — 55°C. | 2,01 — 0» |

Fragen wir uns zum Schlusse dieser Betrachtung noch über das Verhältniss der nachgewiesenen physiologischen Sauerstoffaufnahme zur rein oxydativen bei steigenden Temperaturen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch der lebende Muskel dem zerstö-

renden nicht physiologisch oxydativen Einflusse des Sauerstoffes ebenso wie der todte unterliegt und zwar ist kaum ein Grund vorhanden, warum wir annehmen sollten, dass dieser Oxydationsprocess bei dem lebenden Muskel viel kleiner sei als bei dem todtenstarren.

Jedenfalls muss diese nichtphysiologische Oxydation des lebenden Muskels ebenso mit der Temperatur zunehmen wie die des todten.

Von diesem Gesichtspunkte aus gewinnen nun unsere Resultate noch eine neue Bedeutung, sie zeigen:

Der Vorgang der physiologischen Sauerstoffaufnahme steigt nicht sondern fällt bei dem Muskel mit der Zunahme der Temperatur, bis er bei einer Temperatur, bei welcher der Muskel abstirbt, fast oder vollkommen der experimentalen Wahrnehmung verschwindet.

Nur damit lässt sich die beobachtete Abnahme der Differenz bei steigender Temperatur erklären. Würden beide physiologische und nichtphysiologische Sauerstoffaufnahme gleichzeitig steigen, oder bliebe sich die erstere bei dem Temperaturwechsel nur gleich, so könnte eine der beobachteten analoge Ausgleichung der Differenzen, wie sich bei einiger Ueberlegung von selbst ergiebt, unmöglich eintreten.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass die lebend in die Absorptionsröhren eingeführten Muskeln durch die in Versuch I. und II. angewendete Temperaturerhöhung natürlich todtenstarr wurden. Die gleiche Sauerstoffaufnahme der verglichenen Muskeln schien dafür zu sprechen, dass der Muskel um starr(-sauer) zu werden keines Sauerstoffes bedarf.

Es lässt sich das wirklich direkt erweisen. Es lassen sich Muskeln durch Erwärmen in vollkommen gasfreiem Wasser todtenstarr machen, bei Vermeidung alles Luftzutrittes. Das genügend lang gekochte Wasser, kühlte bei diesen Versuchen unter einer Oelschicht bis auf die nöthige Temperatur ab, ehe der Muskel eingebracht wurde. Der Muskel wurde freilich an der Luft präparirt.

## Resultate.

Fassen wir die Resultate des vorstehenden §. noch einmal übersichtlich zusammen:

1. Es existirt eine nachweisbare (hier zum ersten Male erwiesene physiologische Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen Muskels aus der Luft, welche wir als den Grund der grösseren Lebensdauer solcher Muskeln in Luft als in nicht sauerstoffhaltigen Gasgemischen betrachten müssen.

2. Diese physiologische Sauerstoffaufnahme des Muskels tritt um so reiner hervor, je mehr durch Temperaturerniedrigung die rein oxydativen Processe, welche auf den Muskel zerstörend einwirken, herabgedrückt werden. Bei einer Temperatur (0°—2° C.), bei welcher Oxydationsprocesse aufhören, erreicht, wie es scheint, die physiologische Sauerstoffaufnahme (bei dem Froschmuskel) ihr Maximum.

3. Mit steigender Temperatur nimmt die physiologische Sauerstoffauf-

nahme mehr und mehr ab, während gleichzeitig die nichtphysiologische Oxydation der Muskelsubstanz zunimmt; bei höheren Temperaturen, bei welchen der Muskel abstirbt, ist die physiologische Sauerstoffaufnahme nicht mehr sicher nachweisbar.

4. Die Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen Muskels ist ein der Sauerstoffaufnahme des Gesammtkörpers in der Athmung ganz analoger Vorgang, man ist also berechtigt, die Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen Muskels und die Kohlensäureabgabe desselben aus und an die umgebende Luft mit dem alten Namen: als Muskelrespiration zu bezeichnen.

5. Zum Todtenstarrwerden bedarf der (Frosch-)Muskel keines Sauerstoffs.

## §. 4. Schlussbetrachtungen des Capitels.

Vorstehender §. 3. sollte einzig dem Nachweis gewidmet sein, dass eine physiologische Sauerstoffaufnahme aus der Luft in den ausgeschnittenen Muskel existirt.

Der Nachweis ist vollkommen gelungen.

Was aus dem aufgenommenen Sauerstoff wird, wozu er Verwendung findet, ist freilich mit den vorstehenden Versuchen nicht einmal angedeutet.

Dass man aus dem Muskel mit der Gaspumpe und durch Einwirkung von Gasen keinen Sauerstoff gewinnen kann, beweist nur, dass der Sauerstoff von der Muskelsubstanz fester gebunden wird als das Haemoglobin das zu thun im Stande ist. Dass aber leicht reducirbare Substanzen im Muskel enthalten seien, die den Sauerstoff an oxydirbare Stoffe abgeben können, scheinen gerade Hermann's Versuche zu beweisen mit Stickoxyd, welcher sich auf Kosten im Muskel enthaltenen Sauerstoffs wahrscheinlich (zu Untersalpetersäure?) oxydirte (cf. S. 53 f. a. a. o.). Da kein gasförmiger Sauerstoff auspumpbar ist, so könnte diese Oxydation nur auf Kosten einer Reduction stattgefunden haben.

Auf die theoretischen Bedenken, welche Herr Hermann gegen einige meiner im »Tetanus« veröffentlichten Versuche ausspricht, brauche ich nach dem Vorstehenden nicht mehr einzugehen.

Den einzigen meiner Versuche, den Herr Hermann wiederholte, hat er bestätigt (cf. oben S. 18 Anmerkung). —

Gehen wir nun noch einmal auf die oben in §. 2. nachgewiesene Nervenrespiraton zurück.

Wir fanden sie in allen verglichenen Beziehungen mit der Muskelrespiration übereinstimmend.

Es gelang die Muskelrespiration als einen physiologischen Vorgang nachzuweisen; der ausgeschnittene lebende Muskel nimmt physiologisch zur Erhaltung seines Lebens Sauerstoff aus der Luft auf und gibt an diese Kohlensäure ab, ein Vorgang, der bei niederen Temperaturen ganz analog der Gesammtrespiration des Organismus ist. Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe gehören demnach zu den Lebensbedingungen der Muskeln. Wir sind danach berechtigt auch die nachgewiesene Kohlensäureabgabe der Nervensubstanz sowie das analoge Phänomen der Sauerstoffaufnahme, mit einem Worte:

die Nervenathmung ebenfalls als eine der Lebensbedingungen der Nervensubstanz aufzufassen.

Auch das Nervenleben ist an einen physiologischen Vorgang geknüpft, der in Beziehung auf die Sauerstoffaufnahme und die Bildung von Kohlensäure ebenso als eine eigenthümliche physiologische Art der Oxydation aufzufassen ist, wie wir das für das Gesammtleben des Organismus aus der Gesammtrespiration zu schliessen gewohnt sind. Diese physiologische Oxydation ist freilich himmelweit von anorganischer Oxydation (=Fäulniss) verschieden.

Wir sind somit dem Verständniss der Lebensvorgänge im Nerven wieder um einen Schritt näher gerückt. In der Folge wird sich weiter ergeben, wie bedeutsam diese Kohlensäureproduction für das Nervenleben selbst ist. Die Nervenerregbarkeit ist auch eine Funktion der im Nerven enthaltenen Kohlensäuremenge.

---

# Capitel III.

## Der physiologische Wassergehalt der nervösen Centralorgane.

### §. 1. Versuchsplan.

Bei meinen Untersuchungen über die Veränderungen, welche der Muskel durch angestrengte Thätigkeit erleidet, war mir vor allem eine Zunahme des Wassergehaltes des tetanisirten Muskels gegen den geruhten aufgefallen*).

Bei einer analogen Untersuchung der Lebenseigenschaften der Nerven im Zusammenhange mit dem chemischen Stoffwechsel in ihrer Substanz musste sich sogleich die Frage aufdrängen, ob sich derartige Veränderungen im Wassergehalte der Nerven durch ihre Thätigkeit, oder vielmehr durch die Thätigkeit der Muskeln und Nerven des Gesammtorganismus ebenfalls würden auffinden lassen.

Bei dem Nerven ist diese Frage fast von noch grösserer Bedeutung als bei dem Muskel. Wir wissen durch die Untersuchungen, besonders von E. Harless, dass mit dem Steigen und Fallen des Wassergehaltes der Nerven die Erregbarkeit sich wesentlich verändert. Die Untersuchungen von Harless ergaben, dass eine Zunahme des Wassergehaltes die Nervenerregbarkeit herabsetzt, während eine Abnahme des Wassergehaltes die Erregbarkeit anfänglich erhöht. Bei steigender Vertrocknung des Nerven sehen wir dann eine plötzliche Abnahme der Erregbarkeit bis zum vollkommenen Verschwinden eintreten.

Die betreffenden Untersuchungen von Harless sind mit anerkennenswerthem Verständniss der Hauptfragen, um die es sich hier handelt, angestellt. Harless fasst die Erregbarkeit direct als eine Function des (verschiedenen

---

*) Neuerdings hat Nawrocki (Heidenhain, Studien. Heft IV. S. 54. 1868.) auf eine Wasserzunahme der tetanisirten Unterkieferspeicheldrüse nachgewiesen.

Wassergehaltes der Nerven auf. Wir werden sehen, dass wir in ähnlicher Weise noch andere Momente aufzufassen haben.

Wenn bei der Erregbarkeit der Nerven als ein nicht unwesentlicher Factor der Wassergehalt in Rechnung zu ziehen ist, so muss uns die Frage, ob der Wassergehalt der Nervensubstanz im lebenden Thiere physiologische Schwankungen erleidet, auf's Höchste interessiren. Wir würden ja, wenn uns dieser Nachweis gelänge, gewisse physiologische Aenderungen in der Erregbarkeit der Nerven unzweideutig auf Aenderungen im Wassergehalte der Nerven beziehen können. Freilich würde es voreilig sein, wenn wir dann auf diese Aenderungen allein als Erklärungsgrund recurriren wollten. Wir werden sehen, dass ausser dem Wassergehalt noch eine Reihe fassbarer Factoren auf die Erregbarkeit einwirken. Es wird sich ergeben, dass im concreten Falle Bedingungen, welche entgegengesetzte Wirkung auf die Erregbarkeit ausüben, gleichzeitig auf den Nerven einwirken können, wodurch dann die Erregbarkeit entweder ganz unverändert bleiben kann oder, wenn die eine oder die andere Bedingung überwiegt, trotz der gleichzeitigen entgegengesetzten Wirkung der anderen, nach der Richtung der stärker wirkenden Bedingung eine einseitige Aenderung auftritt.

Jedenfalls ist die Frage nach physiologischen Aenderungen des Nervenwassergehaltes im lebenden Organismus interessant genug, wenn etwaige Resultate uns auch nicht berechtigen werden, zu folgern, dass nun mit einem erhöhten Wassergehalt der Nervensubstanz aus physiologischen Gründen jedesmal eine nachweisbare Abnahme der Erregbarkeit und mit Verminderung des Wassergehaltes eine nachweisbare Erhöhung der Erregbarkeit eintreten müsste.

Die Vorgänge in der lebenden Natur sind alle von sehr wenig einfacher Art; überall sehen wir in den Organen eingetretene Aenderungen möglichst rasch wieder ausgeglichen, wir sehen, dass Vorgänge, welche nach der einen Richtung verändernd und störend wirken, durch gleichzeitige entgegengesetzte Aenderungen nach einer anderen Richtung compensirt werden. Wir sind bei näherer Betrachtung erstaunt über die Zahl der Mittel, welche dem Organismus zu Gebote stehen, seine Functionen lange ungestört zu erhalten, trotzdem, dass die Bedingungen, unter denen diese Functionen zu Stande kommen, durch die Functionirung selbst nicht unwesentliche Aenderungen erleiden. Als Beispiel kann die von mir zuerst betonte Wechselwirkung bei der Ermüdung der Muskeln und ihrer Nerven dienen. Während der Muskel ermüdet, sehen wir gleichzeitig die Nervenerregbarkeit zunehmen, sodass trotz der beginnenden Ermüdung und ohne Reizverstärkung Muskel und Nerven doch lange gleichmässig fort zu arbeiten vermögen. Die Erregbarkeitsveränderungen der Muskeln und Nerven verhalten sich bei beginnender Ermüdung entgegengesetzt.

Wenden wir uns sogleich zu den Experimenten, welche zu der Frage nach physiologischen Aenderungen des Nervenwassergehaltes angestellt wurden.

Bei dem Muskel hatte sich ergeben, dass die von mir beobachtete Zunahme des Wassergehaltes durch den Tetanus herrührte, vor allem von dem Auftreten einer saueren Reaction im Muskelsafte, von der Bildung leicht diffundirender Zersetzungsprodukte aus den Muskelstoffen, die eine grössere Wassermenge in den Muskel hineinzogen.

Bei dem Nerven haben wir eine analoge Reactionsänderung durch den Tetanus wie am Muskel gefunden, es scheint mehr als wahrscheinlich, dass sich für Nerv und Muskel gleiche Aenderungen durch den Tetanus auch im Wassergehalte ergeben werden.

Ich habe zuerst Versuche an warmblütigen Thieren zur Entscheidung der Frage angestellt, ob durch den Tetanus die Wassermenge des Nerven in constanter Weise beeinflusst wird. Es zeigte sich, dass die Strychninvergiftung wenigstens bei den allein zur Verfügung stehenden Kaninchen zu rasch tödtet, als dass sie eine bemerkbare Veränderung im Wassergehalte der peripherischen Nerven hervorbringen könnte. Diese Versuche zeigten keine Constanz nach einer Richtung, sodass sie also keine Erwähnung verdienen. Es ist klar, dass derartige Versuche nur dann Anspruch auf Beweisfähigkeit nach einer Richtung besitzen, wenn alle richtig angestellten nach derselben Seite hin Verschiedenheiten ergeben. Auf diese Weise allein ist man sicher vor Werthlegen auf Schwankungen, die allein auf Versuchsungenauigkeiten beruhen.

Von kaltblütigen Thieren, welche lange den Tetanus ertragen, stand nur der Frosch zu Gebote. Sein Ischiadicus ist leider zu klein und leicht, um vergleichende Trockenbestimmungen mit genügender Schärfe zu gestatten. Ich habe darum nur wenige derartige vergleichende Bestimmungen gemacht, welche ebenfalls keine constante Veränderung des Nervenwassergehaltes durch den Tetanus ergaben, trotz der grössten Sorgfalt, mit der sie angestellt wurden. Auch sie bleiben daher unbesprochen.

Es blieb also nur noch der umständlichere Weg der Vergleichung von Nervensubstanzen verschiedener Thiere übrig. Dazu konnte das Rückenmark der Frösche verwendet werden, welches schwer genug ist, um eine genaue Trockenbestimmung zu gestatten.

## §. 2. Versuche.

Das Rückenmark geruhter oder vorher bis zur annähernden Reactionslosigkeit mit Strychnin tetanisirter Frösche wurde möglichst ohne Verletzung ausgeschnitten, auf feinem ungeleimten Papier von den anhaftenden Stoffen: Flüssigkeiten und Kalkkrystallen auf das Sorgfältigste gereinigt und sodann möglichst rasch in einem vorher genau gewogenen Uhrglasapparat verschlossen und nachgewogen. Das Trocknen geschah auf der einen Uhrschale des Apparates bei einer Temperatur von 120°. Gleichzeitig wurden gleichlang in demselben Apparat geruhte und tetanisirte Rückenmarke getrocknet.

In folgenden Tabellen stelle ich vorläufig die gewonnenen Werthe übersichtlich zusammen.

**Tabelle I.**

Wassergehalt des Rückenmarks geruhter Frösche.

| Versuchs-Nr. | Rückenmarksgewicht nach Grammen. Frisch. | Trocken bei 120° C. | Feste Stoffe in %. | Wasser in %. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 0,0636 | 0,0097 | 14,4 % | 85,6 % |
| 2. | 0,0535 | 0,0075 | 14,0 » | 86,0 » |
| 3. | 0,0405 | 0,0050 | 12,3 » | 87,7 » |
| 4. | 0,0620 | 0,0075 | 12,1 » | 87,9 » |
| 5. | 0,0678 | 0,0083 | 10,9 » | 89,1 » |
| 6. | 0,0508 | 0,0055 | 10,8 » | 89,2 » |
| 7. | 0,0750 | 0,0080 | 10,6 » | 89,4 » |
| 8. | 0,0572 | 0,0054 | 9,4 » | 80,6 » |
| 9. | 0,0570 | 0,0047 | 8,2 » | 91,8 » |
| 10. | 0,0579 | 0,0046 | 8,0 » | 92,0 » |
| 11. | 0,0422 | 0,0030 | 7,1 » | 92,9 » |
| 12. | 0,0355 | 0,0025 | 7,0 » | 93,0 » |
| im Mittel: | | | 10,4 % | 89,6 % |

Die Versuche der vorstehenden Tabelle ergeben, dass der Wassergehalt im Rückenmark der geruhten Frösche grosse Schwankungen zeigen kann. Die verglichenen Thiere waren alle möglichst kräftige Männchen vom selben Fange, ganz gleich lang, unter gleichen Verhältnissen aufbewahrt und doch sehen wir den Wassergehalt um 7,4 % schwanken.

Es ist diese Beobachtung von Bedeutung. Sie gibt Anhaltspunkte zur Erklärung, wie die Nerven-Erregbarkeitsverhältnisse scheinbar ganz gleich gehaltener Individuen derselben Species (speciell Frösche) die enormen Schwankungen zeigen können, die wir so oft an ihnen beobachteten. Wir werden in der Folge sehen, wie gering die Stoffschwankungen im Nerven sein dürfen, um seine Erregbarkeit auf das Wesentlichste zu beeinflussen *).

Hier sehen wir noch in der Breite der Gesundheit den Wassergehalt des nervösen Centralorganes, auf welchem dessen Erregbarkeit wesentlich basirt, sich um 3,7 % nach aufwärts, und um 3,4 % nach abwärts von dem Mittelwerthe entfernen.

Wir können das Resultat vorstehender Wasserbestimmung in folgender Weise formuliren:

1. Der normale Wassergehalt des Rückenmarks geruhter Frösche beträgt (im Mittel aus 12 Versuchen): 89,3 %.

2. Von diesem Mittelwerthe kann jedoch innerhalb der Breite der Gesundheit der Wassergehalt um etwa 3,5 % nach aufwärts und nach abwärts schwanken.

3. Wir sind berechtigt auf diese nicht unbeträchtliche physiologische Vermehrung und Verminderung des Wassergehaltes der Nervencentralorgane zum grossen Theil die an den verschiedenen Individuen zu beobachtenden Schwankungen in der Nervenerregbarkeit zu beziehen, worauf wir in der Folge noch näher eingehen werden.

*) Ueber den Ischiadicus des Frosches cf. S. 44.

Ehe wir weitere Betrachtungen in dieser Richtung anstellen, wollen wir zuerst auch die an den Rückenmarken tetanisirter Frösche gemachten Beobachtungen in Beziehung auf den Wassergehalt zusammenstellen.

Auch hier wurde mit der grössten Vorsicht bei dem Präpariren und Reinigen der Rückenmarke verfahren. Die Trocknung geschah bei 120 °C. alles wie bei den oben beschriebenen Versuchen.

**Tabelle II.**

Wasserbestimmungen im Rückenmarke tetanisirter Frösche.

| Versuchs-Nr. | Rückenmarksgewicht nach Grammen. | | Feste Stoffe in %. | Wasser in %. |
|---|---|---|---|---|
| | Frisch. | Trocken bei 120° C. | | |
| 1. | 0,0420 | 0,0066 | 15,4 % | 84,6 % |
| 2. | 0,0485 | 0,0065 | 14,9 » | 85,1 » |
| 3. | 0,0697 | 0,0092 | 13,2 » | 86,8 » |
| 4. | 0,0469 | 0,0060 | 13,0 » | 87,0 » |
| 5. | 0,0600 | 0,0077 | 12,8 » | 87,2 » |
| 6. | 0,0648 | 0,0087 | 12,5 » | 87,5 » |
| 7. | 0,0474 | 0,0059 | 12,4 » | 87,6 » |
| 8. | 0,0410 | 0,0050 | 12,2 » | 87,8 » |
| 9. | 0,0520 | 0,0060 | 11,6 » | 88,4 » |
| 10. | 0,0642 | 0,0070 | 11,4 » | 88,6 » |
| 11. | 0,0565 | 0,0065 | 11,1 » | 88,9 » |
| 12. | 0,0465 | 0,0055 | 11,1 » | 88,9 » |
| 13. | 0,0537 | 0,0058 | 10,8 » | 89,2 » |
| 14. | 0,0560 | 0,0050 | 9,0 » | 91,0 » |
| im Mittel: | | | 12,2 % | 87,8 % |

Vergleichen wir vorerst den Durchschnitts-Wassergehalt der geruhten und tetanisirten Rückenmarke mit einander.

Der Wassergehalt geruhter Rückenmarke: . . 89,6 %
Der Wassergehalt tetanisirter Rückenmarke: . 87,8 %
Differenz zu Gunsten der geruhten . . . + 1,8 %

Die Mittelzahlen ergeben also einen um 1,8 % grösseren Wassergehalt der geruhten Rückenmarke im Vergleich mit den tetanisirten. Wir hatten erwartet, dass analog den Verhältnissen am Muskel eine Vermehrung des Wassergehaltes auch der Nervensubstanz durch den Tetanus erfolgen würde: das vorstehende Resultat ergibt das Gegentheil und zwar, wenn wir die Tabellen selbst vergleichen, ist das Resultat ein vollkommen schlagendes.

Der Wassergehalt der tetanisirten Rückenmarke ist nur in einem Falle niedriger als der Mittelwerth des Wassergehaltes der geruhten; der Mittelwerth des Wassergehaltes der tetanisirten Rückenmarke dagegen ist mit Ausnahme von nur 3 Fällen absolut niedriger als der Wassergehalt der Rückenmarke der geruhten Frösche.

Das Maximum des Wassergehaltes findet sich auf Seite der geruhten Frösche; 4 Fälle zeigen bei diesen einen absolut höheren Wassergehalt als das

Maximum bei den tetanisirten Thieren. Das Minimum des Wassergehaltes findet sich bei den tetanisirten Thieren, es bezieht sich auf einen Fall, in welchem das Thier 18 Stunden lang im feuchten Raume in Strychninkrämpfen erhalten wurde. Bei den anderen Thieren betrug der Tetanus nur einige Stunden.

Ich stehe nicht an, zu behaupten, dass vorstehende vergleichende Wasserbestimmungen, mit der grössten Sorgfalt ausgeführt, das überraschende Resultat ergeben:

In Folge des Tetanus des Gesammtthieres wird das Rückenmark der Frösche wasserärmer.

Es ergibt sich weiter, dass durch den Tetanus der Wassergehalt der Nervensubstanz sehr viel gleichmässiger wird, als er sich vor dem Tetanus zeigte. Die individuellen Schwankungen treten sehr zurück, wie man aus der Vergleichung der gewonnenen Werthe mit der Mittelzahl erkennt. Der Tetanus bewirkt schliesslich bei allen Thieren einen fast gleichmässigen Wassergehalt des Rückenmarkes. Es stimmt das gut damit überein, dass die Minimalerregbarkeit nach dem Tetanus bei allen Thieren sichtlich gleich ist, während die Krämpfe im Beginn, je nach der Erregbarkeitsstärke des Individuums, sehr bedeutende Unterschiede zeigen.

Wie gesagt kam diese Beobachtung der Wasserverminderung vollkommen unerwartet. Es schien so selbstverständlich, dass Muskeln und Nerven, die in ihrer chemischen Reactionsveränderung durch den Tetanus volle Uebereinstimmung zeigen, sich auch hierin gleichverhalten würden.

Es scheint auf den ersten Blick sogar ganz unverständlich, wie eine derartige Abnahme des Wassergehaltes eintreten könne.

Bei dem Muskel fanden wir in der stärkeren Concentrirung seiner Flüssigkeit an leicht diffundirbaren Stoffen nach dem Tetanus, vor allem in dem Auftreten der Säure genügenden Grund, warum er an das Blut und die Lymphe Stoffe abgeben und dafür Wasser von diesen weniger concentrirten Flüssigkeiten aufnehmen könne. Wir konnten direkt ein bedeutenderes Imbibitionsvermögen des tetanisirten Muskels nachweisen, wir fanden das Blut nach dem Tetanus des Gesammtthieres wasserärmer als vorher.

Nun finden wir eine solche Wasserabnahme, wie sie sich für das Blut ergeben hatte, auch für die Nervensubstanz.

Offenbar ist die Stoffabgabe des Muskels an das Blut bedingt durch die stärkere Concentration der Muskelsubstanz gegenüber dem Blute und der Lymphe. Diese Flüssigkeiten sind weit wässeriger als der Muskel, es wird also bei gegenseitiger Diffusion der s. v. v. Wasserstrom von ihrer Seite zum Muskel stärker sein als von jenem zu ihnen, der Muskel wird dagegen mehr feste Stoffe an jene abgeben. So kommt es zu einer Wassergehaltszunahme auf Seiten des Muskels, zu einer Zunahme an festen Stoffen auf Seite des Blutes.

Betrachten wir die Diffusionsvorgänge zwischen Gewebe- und umspülender Flüssigkeit allein von diesem Standpunkte der einfachen anorganischen Diffusions-Gesetze, so sind wir gezwungen anzunehmen, dass dieser Wechselverkehr gerade den umgekehrten Weg einschlagen, das umgekehrte Resultat ergeben muss, wenn die Concentrationsverhältnisse zwischen Gewebe und Blut sich umkehren. Ist das Gewebe wasserreicher als das Blut, so muss der Haupt-

Diffusionsstrom des Wassers aus dem Gewebe heraus, der Strom der festen Stoffe in das Gewebe hinein stattfinden, das Gewebe muss durch die Diffusion wasserärmer werden.

Hier drängt uns demnach Alles zu der Frage, wie verhält sich der Wassergehalt des Blutes zu dem der Nervensubstanz bei demselben Thiere (Frosch). Ist ersterer kleiner, oder wird er wenigstens durch den Tetanus kleiner, so sind wir im Stande, das Resultat der Wasserabnahme des Rückenmarkes durch den Tetanus uns vollkommen zu erklären. Das Resultat der nach dieser Richtung angestellten Beobachtungen geben folgende Tabellen.

**Tabelle III.**

Vergleichende Wasserbestimmung im Blut, Nerv und Muskel desselben geruhten Thieres.

| Versuchs-Nr. | Versuchs-Objecte vom Frosch. | Gewicht in Grammen. Feucht. | Trocken. | Feste Stoffe in %. | Wasser in %. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Rückenmark | 0,0422 | 0,0030 | 7,1 % | 92,9 % |
| | Blut . . . . | 0,8463 | 0,1200 | 14,1 » | 85,9 » |
| | Muskel . . . | 1,7840 | 0,3638 | 20,0 » | 80,0 » |
| 2. | Rückenmark | 0,0508 | 0,0050 | 10,8 % | 89,2 % |
| | Blut . . . . | 0,9245 | 0,1327 | 14,4 » | 85,6 » |
| | Muskel . . . | 1,1022 | 0,2094 | 19,0 » | 81,0 » |

An diese Tabelle schliessen wir sogleich die analoge, welche bei vergifteten (= tetanisirten) Fröschen den Wassergehalt der Gewebe vergleicht.

**Tabelle IV.**

Vergleichende Wasserbestimmung im Nerven, Blut und Muskel des tetanisirten Thieres.

| Versuchs-Nr. | Versuchs-Objecte vom Frosch. | Gewicht in Grammen. Feucht. | Trocken. | Feste Stoffe in %. | Wasser in %. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Rückenmark | 0,0565 | 0,0065 | 11,1 % | 88,9 % |
| | Blut . . . . | 0,6595 | 0,1060 | 16,0 » | 84,0 » |
| | Muskel . . . | 1,4524 | 0,2854 | 19,0 » | 81,0 » |
| 2. | Rückenmark | 0,0465 | 0,0055 | 11,1 % | 88,9 % |
| | Blut . . . . | 0,9080 | 0,1162 | 12,8 » | 87,2 » |
| | Muskel . . . | 0,8560 | 0,1825 | 21,3 » | 78,7 » |
| 3*). | Rückenmark | 0,0420 | 0,0066 | 15,4 % | 84,6 % |
| | Blut . . . . | 0,6123 | 0,1119 | 18,3 » | 81,7 » |

*) Der oben schon erwähnte Versuch, in welchem der Tetanus 48 Stunden im feuchten Raume währte. Der Muskel wurde leider nicht geprüft.

Wir sehen aus diesen Versuchen, dass das Rückenmark unzweifelhaft einen weit höheren Wassergehalt besitzt als das Blut und einen noch weit höheren als der Muskel desselben Thieres. Dieses Verhältniss verschwindet nicht nach dem Tetanus. Es ist also damit die Möglichkeit einer Abnahme des Wassergehaltes der Nervensubstanz durch den Tetanus erwiesen. Sowie stärkere Diffusionsvorgänge zwischen Blut und Rückenmark eintreten, wird das Blut dem Rückenmarke Wasser entziehen müssen.

Durch eine solche Wasserabgabe an das Blut wird der Unterschied im Wassergehalt zwischen Rückenmark und Blut abnehmen. Aus den vorstehenden Versuchen ergeben sich folgende Differenzen des Wassergehaltes für Rückenmark und Blut desselben Thieres im Mittel:

Differenz zu Gunsten des Blutes bei geruhten Thieren: 5,3 %
» » » » » » tetanisirten » 3,4 %.

Es scheinen also die Versuche für die vorausgesetzte Ausgleichung zu sprechen.

Der Beweis lässt sich durch die Vergleichungen der Durchschnittszahlen führen, welche ich für den Wassergehalt des Frosch-Blutes bei meinen früheren Untersuchungen gewonnen habe (cf. Tetanus S. 89 u. S. 93) mit den vorstehenden Durchschnitts-Werthen für das Rückenmark.

Es ergeben sich als Mittelzahlen

1. für den Wassergehalt des Froschblutes geruhter Thiere . . . 88,3 %
» » » » Rückenmarkes » » . . . 89,6 %
Differenz zu Gunsten des Rückenmarkes . . . . . 1,3 %
2. für den Wassergehalt des Froschblutes tetanisirter Thiere . 87,0 %
» » » » Rückenmarkes » » 87,8 %
Differenz zu Gunsten des Rückenmarkes . . . . . 0,8 %

Es ist deutlich, dass die Differenz im Wassergehalte des Blutes und des Rückenmarkes, die im ruhenden Thiere deutlich ist, nach dem Tetanus fast vollkommen verschwindet.

Es kann das nur so gedeutet werden, dass das Rückenmark an das Blut während des Tetanus Wasser abgibt und dafür feste Stoffe aufnimmt.

Diese Resultate beziehen sich zunächst nur auf das Froschrückenmark. Es steht aber Nichts entgegen, sie auf die nervösen Centralorgane auch der Säugethiere und des Menschen auszudehnen.

Es besteht auch hier die Möglichkeit einer Wasserabnahme der Centralnervensubstanz durch Diffusion mit dem Blute.

Die graue Nervensubstanz ist auch bei den Säugethieren und dem Menschen wasserreicher als das Blut, bei eintretender Diffusion muss also der s. v. v. Wasserstrom aus diesem in das Blut stattfinden, es müssen feste Stoffe aus dem Blute in die graue Nervenmasse eintreten.

Die bekanntgemachten älteren Einzelbestimmungen über Wassergehalt der grauen Hirnmasse und des Blutes ergeben im Durchschnitt für das

Menschenblut (Erwachsener) . . . 80,5 % Wasser
Graue Substanz des Menschengehirnes . 85—86,4 % »

E. Bischoff bestimmte den Wassergehalt in den Geweben eines neugeborenen Mädchens:

| | | |
|---|---|---|
| Menschenblut (Neugeborener) . . . | 85,0 % | Wasser |
| Gesammt-Gehirnsubstanz | | |
| a. des grossen Gehirnes . . . . . | 89,4 % | » |
| b. des kleinen Gehirnes und verlängerten Markes | 87,8 % | » |
| Der Skelettmuskeln . . . . . | 87,8 % | » |
| Rückenmark . . . . . | 81,8 % | » |

Bei einem Ochsen bestimmte ich:

| | | |
|---|---|---|
| Ochsenblut . . . . . | 79,3 % | Wasser |
| Graue Gehirnsubstanz . . . . . | 87,6 % | » |

Bei einem Hunde bestimmte ich:

| | Feste Stoffe. | Wasser. |
|---|---|---|
| Hundeblut . . . . . | 21,1 % | 78,9 % |
| Graue Rückenmarkssubstanz . . . . | 21,2 » | 87,8 » |
| Graue Gehirnsubstanz . . . . . | 13,6 » | 86,4 » |
| Weisse Gehirnsubstanz . . . . . | 27,0 » | 73,0 » |
| Weisse Rückenmarkssubstanz . . . . | 29,9 » | 70,1 » |
| Nervus Ischiadicus . . . . . | 38,0 » | 62,0 » |

Die graue Nervensubstanz ist also stets wasserreicher als das Blut.

Dagegen ist bei Erwachsenen die weisse Gehirn- und Rückenmarkssubstanz sowie die peripherischen Nerven bedeutend wasserärmer als das Blut.

Es wäre also wohl zu erwarten, dass sich bei diesen Nervensubstanzen das für die Nervencentralorgane gefundene Verhalten umkehre. Wie schon oben angegeben, war es mir bisher nicht möglich, constante Resultate für eine Wasserzunahme der peripherischen Nerven (und der weissen Gehirn- und Rückenmarkssubstanz) zu erhalten. Trotzdem ist mir aus Analogie ein solches Verhalten sehr wahrscheinlich und es wäre nicht undenkbar, dass fortgesetzt auf diesen Punkt gerichtete Versuche das erwartete Resultat auch deutlich machen würden.

Dass auch für den Froschnerven nach den auseinander gesetzten Principien eine Wasserzunahme durch den Tetanus möglich wäre, ergeben die am Nerven angestellten Wasserbestimmungen verglichen mit denen am Blute.

Den Wassergehalt des Froschischiadicus fand ich:

| | Wasser. | Feste Stoffe. |
|---|---|---|
| 1. . . . . | 72,3 % | 27,7 % |
| 2. . . . . | 73,9 » | 26,1 » |
| 3. . . . . | 74,8 » | 25,2 » |
| 4. . . . . | 75,6 » | 24,7 » |
| 5. . . . . | 78,6 » | 21,4 » |
| Ischiadicus im Mittel . . . . | 75,0 % | 25,0 % |
| Dagegen Froschblut im Mittel . . | 88,3 % | 11,7 %. |

## §. 3. Ergebnisse.

Diese neuen Resultate der Beobachtung eröffnen uns einen Blick in bisher nicht beachtete Wechselwirkungen der Stoffe und Kräfte im Organismus.

Wir sehen, dass sich die verschiedenen Gewebe in Beziehung auf die Diffusionsverhältnisse mit dem Blute ganz verschieden verhalten. Wir werden die Gründe, welche eine Verstärkung der Diffusion zwischen Gewebs- und Ernährungsflüssigkeit (Lymphe und Blut) hervorbringen, erst in der Folge näher erkennen. Hier genügt es uns, zu sehen, dass wenn einmal aus inneren Gründen ein lebhafterer Stoffverkehr zwischen dem Blute und den Geweben eingeleitet ist, die verschiedenen Gewebe sich verschiedene Stoffe aus dem Blute aneignen. Die Gewebe, welche wasserärmer als das Blut sind, geben ihre leicht diffundirbaren festen Stoffe an das Blut ab und empfangen dafür eine sehr verdünnte Ernährungsflüssigkeit aus dem Blute, das Resultat ist eine Zunahme des Wassergehaltes des wasserärmeren Gewebes, eine Annäherung seines Wassergehaltes an den Wassergehalt der gegen dasselbe diffundirenden Flüssigkeit des Blutes, wie die Beobachtung auf das Schlagendste beweist.

Umgekehrt, wenn die Gewebsporen eines wasserreicheren Gewebes, z. B. des Nervencentralorganes, dem Diffusionsverkehre mit dem Blute geöffnet sind, sehen wir ersteres wasserärmer werden, es gibt eine wasserreiche Flüssigkeit an das Blut ab und nimmt dafür aus jenem eine concentrirtere Stofflösung auf. Dieser Vorgang muss sich steigern, wenn der Concentrationsgrad des Blutes z. B. durch den Tetanus zugenommen hat. Auch dieser Stoffaustausch führt schliesslich zu einer grösseren Annäherung des Wassergehaltes des Blutes zu dem Wassergehalte der Nervencentralorgane.

Es ist danach klar, dass, wenn Stoffe in das Blut gelangen, sie zuerst in die wasserreichsten Gewebe also in die nervösen Centralorgane diffundiren werden. So wird es uns klar, wie Gifte von dem Blute aus soviel früher die nervösen Centralorgane ergreifen müssen als alle anderen Gewebe.

So verstehen wir, dass Stoffe, welche an irgend einer Stelle im Organismus gebildet wurden, z. B. im tetanisirten Muskel, wenn sie in grösseren Mengen in das Blut kommen, sicher in die nervösen Centralorgane hineingelangen müssen. Ein Theil der Stoffe, die wir in diesen finden, ist also zweifelsohne nicht in ihnen selbst entstanden, sondern erst in sie diffundirt.

Wir sehen, dass der Organismus in diesen einfachen Verschiedenheiten des Wassergehaltes der Gewebe das Mittel besitzt, aus entfernten Körperregionen Stoffe als Lebensreize für andere Organe durch Vermittelung des Blutes herbei zu ziehen.

Es ist eine allbekannte Erscheinung, dass durch übermässige körperliche Anstrengung auch die geistigen Functionen des Menschen erschlaffen. Es ist nun klar, dass die aus den arbeitenden Muskeln in das Blut gelangenden ermüdenden Stoffe sogleich auch in die nervösen Centralorgane gelangen und zwar auch in Theile derselben, welche selbst nicht an der Thätigkeit activ theilgenommen haben.

Aber auch nach einer anderen Richtung erhalten wir durch die Beobach-

tung der Veränderung des Nervenwassergehaltes in Folge der Arbeitsleistung erwünschte Aufschlüsse.

Wir sehen durch die Thätigkeit der nervösen Centralorgane eigenthümliche Veränderungen in ihnen eintreten. Hat eine nervöse Erregung oftmals ein und denselben Weg eingeschlagen, so wird der Gang der Erregung auf diesem Wege offenbar erleichtert, ein Phänomen, welches als Uebung Jedermann bekannt ist, welches aber ebenso den natürlichen und anerzogenen Reflexen, sowie dem, was man als stabile Geistesrichtung oder schliesslich als fixe Idee bezeichnet, zu Grunde liegt.

Die Erregung räumt durch oftmaliges Betreten derselben Bahn in den Centralorganen gewisse Hindernisse aus dem Wege und wir lernen so gewisse Bewegungen (Gedanken) leicht mit einander zu verknüpfen, auf sensible Eindrücke sicher gewisse Bewegungen auszuführen, was uns, ehe wir die Uebung erlangten, nur sehr schwer gelang, was uns, wenn wir ausser Uebung sind, wieder fast unmöglich ist.

Es war von vorne herein klar, dass diese Aenderungen der Erregbarkeit gewisser Centralbezirke des Nervensystemes im letzten Grunde auf chemische Differenzen zurückzuführen sein müssten. Die Erregung lässt das erregte Organ als ein chemisch-anderes zurück, als es vor der Erregung war. Nun scheinen wir aber in der Veränderung des Wassergehaltes der anhaltend gereizten nervösen Centralorgane wenigstens ein Moment für die Erklärung dieses Factums gefunden zu haben. Die andauernd gereizte Partie der nervösen Centren wird in Folge der eintretenden Wasserabgabe stärker erregbar!

Es wird uns ein Licht geworfen auf die so oft beobachteten wechselvollen Verschiedenheiten in dem Wassergehalte verschiedener Gehirn- und Rückenmarksorgane auch des Menschen. Umgekehrt als bei den Muskeln sehen wir hier mit der angestrengteren Thätigkeit eine Wasserabnahme eintreten, welche sich auf ein oder das andere nervöse Organ im Gehirne beschränken kann.

So öffnet unser Resultat der Wasserbestimmung den ersten Einblick in die inneren physiologisch-chemischen Vorgänge der nervösen Centren. Es weist einen Weg, auf welchem die pathologische Chemie bei Beurtheilung der chemischen Veränderungen erkrankter Gehirne fortzuschreiten haben wird.

Uebung der nervösen Centren sehen wir mit Verminderung ihres Wassergehaltes verbunden, Kinder und kindische Greise zeigen ein wasserreicheres Gehirn als Erwachsene, geistig Kräftige. Hier öffnet sich der Forschung ein neues Feld der Thätigkeit.

Es wird sich aus folgenden Untersuchungen ergeben, dass durch die gleichzeitig mit der Aenderung im Wassergehalte eintretenden chemischen (Reactions-) Veränderungen der Nervensubstanz ganz analoge Umstimmungen in den Erregbarkeits-Verhältnissen eintreten wie durch erstere. Wir werden die sauere oder weniger stark-alkalische Reaction des thätig gewesenen Nerven als einen sehr stark-wirkenden Grund für Erregbarkeitserhöhung kennen lernen. Es wird dort die schon oben gemachte Behauptung näher ausgeführt werden, dass diese Erregbarkeitserhöhung als erstes Stadium der Nervenermüdung zu bezeichnen ist.

Die lokal gesteigerte Erhöhung der Erregbarkeit der Nervencentren, die wir, wie oben gesagt, als Uebung bezeichnen, auf welcher auch die angeborenen und erlernten Reflexe und ähnliche Vorgänge beruhen, ist also als eine partielle, beginnende Ermüdung anzusprechen.

Dass derartige Stoffumänderungen der Gewebe und Organe, wie wir sie hier behaupten, wirklich lokal-stabil werden können, beweisen meine Beobachtungen über den verschiedenen Wassergehalt der Muskeln desselben Thieres, welche mit aller Sicherheit ergeben, dass die constant angestrengteren Muskeln einen anderen Wassergehalt, andere chemische Zusammensetzung zeigen, als die constant weniger angestrengten.

## Resultate.

1. Durch den Tetanus des Gesammtthieres (Frosch) nimmt der Wassergehalt der nervösen Centralorgane (Rückenmark der Frösche, graue Nervensubstanz) ab.

Diese Wasserabgabe erklärt (zum Theil) die Erregbarkeitserhöhung der centralen Nervensubstanz durch die Thätigkeit.

2. Die Möglichkeit der beobachteten Wasserabnahme liegt in dem grösseren Wasserreichthum der Nervencentralorgane gegenüber dem Blute. Es tritt durch Diffusion aus den thätigen nervösen Centralorganen Wasser an das Blut und dafür feste Stoffe aus dem Blute in erstere. Dadurch verwischt sich der Unterschied im Wassergehalte zwischen Blut und nervösen Centralorganen durch den Tetanus mehr und mehr. Da auch bei den Säugethieren und dem Menschen die graue Substanz wässeriger ist als das Blut, so ist ein analoges Verhalten auch bei ihnen vorauszusetzen, für die graue Nervenmasse.

3. Der Wassergehalt der Rückenmarke der geruhten Frösche zeigt sehr bedeutende Schwankungen, welche wir als Ursache für Erregbarkeitsverschiedenheiten verschiedener Thiere betrachten dürfen.

Durch den Tetanus wird dieser Unterschied sehr viel geringer entsprechend dem ziemlich gleichen Erregbarkeitsstadium, in welchem die Thiere getödtet und untersucht wurden.

4. Bei dem peripherischen Nervensysteme und der weissen Nervensubstanz der nervösen Centralorgane der Säugethiere ist eine analoge Wassergehaltsänderung noch nicht nachgewiesen. Gewisse Betrachtungen und Experimente, besonders der viel geringere Wassergehalt dieser Organe, machen aber bei ihnen eine in Folge des Tetanus eintretende Wassergehaltsvermehrung wahrscheinlicher als eine Wasserverminderung.

# II. Abschnitt.

## Die physiologischen Erregbarkeitsänderungen im Nerven in ihrem Zusammenhange mit dem Nervenstoffwechsel.

## Capitel IV.

### Das Leben des Nerven als Function der quantitativen chemischen Nerven-Zusammensetzung.

#### §. 1. Vorbesprechung.

Die vorstehenden Versuche und Erfahrungen bilden die Basis, auf welcher wir in der Verfolgung der gestellten Aufgabe fortzuschreiten haben.

Es steht nun fest, dass ein nachzuweisender Stoffwechsel in den Nerven existirt.

Wir erkannten zuerst, dass das Nervengewebe während seines Lebens physiologische Aenderungen in Beziehung auf seine chemische Reaction erleidet. Es zeigt sich ein Schwanken der Reaction zwischen alkalisch, neutral und sauer.

Das zweite Resultat der Untersuchung war die Beobachtung einer physiologischen Kohlensäureproduction der lebenden Nervsubstanz, mit der eine Sauerstoffaufnahme Hand in Hand geht: die Nervenathmung.

Das dritte Resultat, das sich uns ergeben, ist die Beobachtung einer physiologischen Aenderung des Wassergehaltes der Nervensubstanz.

Die letztere Beobachtung liess sich nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse der Lebensbedingungen der Nerven sogleich verwerthen. Es ist lange bekannt, dass die Erregbarkeit der Nervensubstanz mit dem Wassergehalt schwankt, dass eine Wasserverminderung eine anfängliche Steigerung dann eine Verminderung der Erregbarkeit des Nerven bedingt, während eine bedeutendere Wasserzunahme die Erregbarkeit herabsetzt. Wir werden in der Folge sehen, dass die Wasserverminderung und Vermehrung über oder unter die Norm eine vollkommen gleiche Wirkung hervorbringen.

Ueber die Wirkung der Säuren und der Alcalien auf die Nervensubstanz haben wir die grundlegenden Versuche noch anzustellen, ebenso über die Wirkung der Athemgase.

In den folgenden Versuchen soll zuerst quantitativ die Aenderung bestimmt werden, welche die Nerven in ihrer chemischen Zusammensetzung erleiden dürfen, bis sie ihre Lebenseigenschaften definitiv verlieren.

E. Harless hat derartige Bestimmungen für das destillirte Wasser angestellt. Nach dieser Richtung haben wir seine Ergebnisse nur zu controliren. Die Wirkung von Säuren und Alkalien auf das Nervenleben ist zuerst nach dieser Beziehung zu prüfen.

Für die Muskeln wurden die Kalisalze als die heftigsten Gifte erkannt. Es wird uns obliegen, diese Salze, welche in dem normalen Stoffwechsel eine so bedeutende Rolle spielen, auf ihre Wirkung auf den Nerven ebenfalls zu untersuchen.

Die Aufgabe ist hier also vorläufig nicht, die feineren Aenderungen in der Nervenerregbarkeit, herbeigeführt durch die chemischen Veränderungen im Nerven, zu untersuchen; wir werden das in der Folge noch in ausgedehntem Masse zu thuen haben bei der Frage nach der Ermüdung der Nerven. Hier handelt es sich nur darum, die Grenzen der chemischen Veränderungen festzustellen, innerhalb welcher das Nervenleben noch zu bestehen vermag, eine Grundlage, der wir für spätere Betrachtungen nicht entrathen können.

Die nach dieser Richtung für den Nerven geprüften Veränderungen sind folgende:

1. Schwankungen des Wassergehaltes:
   a. Vertrocknen an der Luft.
   b. Quellen in destillirtem Wasser.
      » in 0,7 % Kochsalzlösung.

2. Schwankungen der Nervenreaction:
   c. Vermehrung der alkalischen Reaction.
      1) Quellen in 1 pro mille Kalilösung.
      2) » in 1 % alkalischer Lösung von phosphorsaurem Natron.
   d. Erzeugung einer saueren Reaction.
      3) Quellen in 1 pro mille Phosphorsäure.
      4) » » » » Salzsäure.
      5) » » » » Salpetersäure.
      6) » » » » Essigsäure.

3. Schwankungen in der Menge der im Nerven enthaltenen Kalisalze:
   e. 1) Quellen in 1 % Chlorkaliumlösung.
      2) » » » Kalisalpeterlösung.

Wir gehen nun sogleich zu den Versuchen selbst über. Es wird sich ergeben, dass uns die Verfolgung ihrer Resultate neben dem angestrebten Ziele auch zu einem Einblick in die Gesetze der Stoffaufnahme der Nerven und mit ihnen der anderen Gewebe aus dem Blute und den Gewebssäften führen wird.

## §. 2. Versuche.

Die folgenden Versuche wurden an dem Ischiadicus des Frosches angestellt, der im frischen Zustande schwer genug ist, um scharfe Gewichtsbestimmungen zu gestatten.

Um die Imbibition der geprüften Stoffe in den Nerven neben der dadurch gesetzten Aenderung in der Erregbarkeit quantitativ verfolgen zu können, wurden beide Ischiadici eines Frosches gleichzeitig präparirt. Der eine Nerve wurde nach genauer Reinigung und äusserlicher Trocknung im Uhrglasapparate gewogen. Am anderen blieb der Unterschenkel erhalten, so dass er auf seine Erregbarkeit geprüft werden konnte.

Beide Nerven lagen dann gleichzeitig gleichlang in derselben Flüssigkeit oder wurden anderen Versuchsbedingungen in gleicher Weise unterworfen, während der Muskel (= Unterschenkel) möglichst von allen Einwirkungen frei blieb. Es war somit die Möglichkeit gegeben, die chemischen Veränderungen der Nervensubstanz direkt mit den durch sie gesetzten Veränderungen der Lebenseigenschaften der Nerven zu vergleichen.

Gleichzeitig kamen beide Nerven aus der Flüssigkeit und wurden sorgfältig auf ungeleimtem Papiere getrocknet. Der eine wurde sodann nachgewogen, um die von ihm aufgenommene oder abgegebene Menge Flüssigkeit zu bestimmen, der andere wurde auf seine Erregbarkeit geprüft und beide Resultate aufeinander bezogen.

In Beziehung auf die Methode dieser Versuche ist zu bemerken, dass eine grosse Sorgfalt dazu gehört, den Nerven von den anhängenden Gewebsresten frei zu präpariren, was selbstverständlich unumgänglich nöthig ist. Als Controle der wechselnden Erregbarkeit der Nerven wurde diejenige Entfernung der Rollen eines Magnetelectrometers (Schlitters) benützt, bei welcher die erste Minimalzuckung durch den Nervenreiz erfolgte. Der Rollenabstand ist nach Millimetern angegeben. Die primäre Rolle hatte, wo das nicht direkt angegeben wurde, keine Drahteinlage; der Apparat wurde durch 1 Daniell'sches Element getrieben. Die Auflagerung des Nerven auf die auf einem Glastischchen befestigten Metall-Electroden geschah stets in der möglichst gleichen Weise. Das Uebrige ergeben die Versuchsbeispiele selbst.

Diejenigen Versuche, welche mit Nerv-Muskelpräparaten lediglich über die Zeit des Absterbens der Nerven in verschiedenen Flüssigkeiten angestellt wurden, werde ich in der Folge zum grössten Theile übergehen. Die Resultate stimmen mit denen der quantitativ ausgeführten Beobachtungen so vollkommen überein, dass letztere sie am besten zugleich mit veranschaulichen.

### I.

### Schwankungen des Nervenwassergehaltes.

#### a. Destillirtes Wasser und Vertrocknung.

In den ersten Tabellen werden die Vertrocknungs- und Quellungsversuche mit Nerven in destillirtem Wasser zusammengefasst.

Bei den Berechnungen der Wasserabgabe und Wasseraufnahme der Nerven liegt der oben gewonnene Mittel-Werth für den Wassergehalt des Frosch-Ischiadicus zu Grunde:

| | Wasser. | Feste Stoffe. |
|---|---|---|
| Lebender Frosch-Ischiadicus: | 75 % | 25 %. |

**Tabelle I.**

Vergleichende Wasserbestimmung im vertrocknenden und in destillirtem Wasser quellenden Froschnerven mit Rücksicht auf die gleichzeitige Erregbarkeit desselben.

| Beobachtungszeit (Minuten = ′). | Erregbarkeit des Nerven (= Rollenabstand) und sein sonstiger Zustand. | Nervengewicht in Grammen. | Gewichtsdifferenz, absolute (= Wasserverdunstung resp. Wasseraufnahme). | Der Wassergehalt procentisch. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 250 M. M. Nerve frisch präparirt in Luft . . . . . | 0,0245 | | 75 % | Nach dem Vertrocknen brachte das destillirte Wasser die Erregbarkeit wieder zurück. Nach dem Erlöschen der Erregbarkeit durch Quellung kam sie dagegen nicht wieder. Der Nerve wird also durch Vertrocknen nur scheintodt für den Anfang. |
| 5′ | Vertrocknungs-Tetanus | 0,0150 | —0,0065 | 64,2 | |
| 20′ | Nerve unerregbar . . . . . | 0,0100 | —0,0115 | 46,2 | |
| 22′ | Nerve quillt in destillirtem Wasser, auf starke Ströme eben wieder erregbar . . . | 0,0150 | —0,0065 | 64,2 | |
| | 9 M.M. (Drähte eingelegt hier und in der Folge) . . . . . | 0,0180 | —0,0035 | 70,0 | |
| 25′ | 7 M. M. | 0,0230 | +0,0015 | 76,6 | |
| 28′ | todt | 0,0270 | +0,0055 | 80,0 | |

Der Versuch ergibt das von E. Harless zuerst formulirte Abhängigkeitsverhältniss der Nervenerregbarkeit von dem Wassergehalte auf anschauliche Weise.

Nach Harless (Münchener gelehrte Anzeigen, 10. Juli 1857) kann der Wassergehalt des Nerven von dem mittleren Werthe, den er zu etwa 76 % bestimmte, nach abwärts bis zu 30 % sinken und nach aufwärts bis zu 89 % steigen, ohne dass die Erregbarkeit vollkommen erloschen ist. Das Quellungsmaximum ist 96 % aufgenommenen Wassers in Relation zum Gewicht des frischen Nerven.

Vorstehende Bestimmung zeigt ähnliche Grenzwerthe für den Bestand der Erregbarkeit; sie ergibt dabei aber weiter zur Gewissheit, dass die Erregbarkeitsveränderungen, die wir am trocknenden und quellenden Nerven wahrnehmen, im letzten Grunde wirklich nur von dem schwankenden Wassergehalte



LANE LIBRARY. STANFORD UNIVERSITY

desselben abhängig sind. Die Aufnahme des destillirten Wassers, welche den lebenden frischen Nerven rasch abtödtet, hebt die Erregbarkeit des trockenen Nerven, zum Beweise, dass durch das Wasser zuerst die bei dem Vertrocknungsscheintode eingetretenen Störungen beseitigt werden. Doch sieht man deutlich, dass das Wasser auch schon hier, indem es den vertrocknenden Nerven wieder belebt, zugleich eine schädliche Wirkung auf die Nervensubstanz ausübt. Bei demselben Wassergehalte, bei welchem der vertrocknende Nerv noch so gut erregbar war, dass er den heftigsten Vertrocknungstetanus zeigte, kehrte nach der Quellung die Erregbarkeit zwar wieder zurück aber nur äusserst minimal, sie stieg dann mit steigender Wasseraufnahme zwar noch etwas aber doch nur sehr gering, die Zuckung zeigte sich stets nur auf die weit stärkeren Ströme des Apparates nach der Drahteinlage und schon bei etwa 70 % Wassergehalt, also bei weit geringerem als dem normalen, begann ein neues Sinken der Erregbarkeit. Die Erregbarkeit erhielt sich noch bei einem um etwas mehr als 1 % über das Mittel gesteigerten Wassergehalt, war aber definitiv verschwunden als die Zunahme 5 % erreicht hatte.

Es findet sich angegeben, dass der durch Quellung in destillirtem Wasser reactionslos gewordene Nerv, durch mässiges Vertrocknen wieder belebt werden könnte, dass also auch dieser Zustand der Unerregbarkeit nur ein Scheintod sei. Ich konnte niemals die gequollenen Nerven durch Hängenlassen an der Luft, in der sie rasch vertrockneten, wieder beleben. Es mag das zufällig sein. Jedenfalls geht aber der Wasserscheintod sehr rasch in den wirklichen Tod des Nerven über, wie z. B. folgender Versuch, in umgekehrter Ordnung als der erste angestellt, ergibt.

**Tabelle II.**

Imbibition und Erregbarkeit der Froschnerven in destillirtem Wasser.

| Beobachtungszeit. | Erregbarkeit (= Rollenabstand) und sonstiger Zustand des Nerven. | Gewicht des Nerven in Grammen. | Wasser-Aufnahme oder -Abgabe, absolute. | Der Wassergehalt in Procenten. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0′ | Nerve frisch 280 M. M. | 0,0195 | | 75 % | |
| | Nerve in destillirtem Wasser quellend: | | | | |
| 10′ | 245 M. M. | 0,0252 | + 0,0057 | 80,7 % | |
| 28′ | 220 » | 0,0290 | + 0,0095 | 83,2 » | Gewichtszunahme = 64,5 %. |
| 43′ | 102 » | 0,0343 | + 0,0148 | 84,5 » | |
| 53′ | 0 (todt) | 0,0315 | + 0,0120 | 84,9 » | |
| | Der Nerve hängt an der Luft vertrocknend: | | | | 70,0 %. Hier stunde der Nerve schon an der Grenze der Vertrocknungskrämpfe, wo die Erregbarkeit wieder stark abnimmt, daher der Vers. abgebrochen |
| 1 hor. 18′ | 0 | 0,0215 | + 0,0020 | 77,4 » | |
| 28′ | 0 todt | 0,0185 | — 0,0010 | 73,6 » | |
| 44′ | 0 | 0,0165 | — 0,0030 | 70,0 » | |

Diese enorm grosse Aufnahmsfähigkeit für Wasser, die wir am lebenden Nerven beobachten, zeigt uns, dass die directe Giftigkeit des dest. Wassers für den Nerven doch nur eine verhältnissmässig geringe ist. Wir werden sehen, dass das dest. Wasser im Verhältniss zu anderen Stoffen als sehr wenig schädlich betrachtet werden muss, wenn wir nämlich die Quantitäten der tödtenden Stoffe in's Auge fassen. Wenn wir freilich als Massstab der Giftigkeit eines Stoffes die Zeit vergleichen, welche von dem Beginn seiner Einwirkung bis zur Tödtung verläuft, so stellt sich das Wasser als eine sehr energisch wirkende giftige Substanz für den Nerven heraus.

Wir wissen seit lange, dass eine mässige Wasserentziehung die Nervenerregbarkeit primär erhöht. An der Luft trocknende Nerven zeigen dieses Vorstadium eines auf Wasserentziehung folgenden Sinkens der Erregbarkeit der Nerven nur undeutlich oder gar nicht, da wohl die äusserlich trocknenden Nervenhüllen dem reizenden Strom einen immer stärker werdenden, endlich absoluten Widerstand entgegensetzen. So kommt es, dass die in warmer Luft trocknenden Nerven fast stets sogleich ein Sinken der Erregbarkeit erkennen lassen. Die Erhöhung der Erregbarkeit tritt bekanntlich vor allem schön durch Einbetten der Nerven in wasserentziehende Substanzen ein. In der Folge ist die Verminderung des Wassergehaltes unter allen Umständen mit einem wahren Sinken der Erregbarkeit verknüpft.

Man hätte aus der Erregbarkeitssteigerung schliessen können, dass der normale Wassergehalt des Nerven für ein Maximum seiner Kraftleistungen schon etwas zu hoch sei, da eine geringe Wasserentziehung ihn zu kräftigen scheint.

Es wäre das ein Irrthum. Die Erhöhung der Erregbarkeit ist, wie wir das noch schlagend beweisen werden, kein Symptom der Steigerung der Lebenseigenschaften der Nerven, sondern im Gegentheil ein Beweis von beginnender Ermüdung: es ist Zeichen von Nervenschwäche, wenn ein Minimalreiz schon stürmische (starke) Nervenerregung hervorruft.

Dieses Stadium der Nervenerregbarkeitserhöhung ist also Nichts, was der Wasserverminderung im Nerven speciell zugehörte. Jede eingreifendere Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Nervenröhren-Inhaltes bringt als erstes Stadium eine Nervenerregbarkeitserhöhung hervor: ein über das Normale gesteigerter Wassergehalt bedingt ebenfalls eine Erhöhung der Nervenerregbarkeit.

Um diesen Satz zu erhärten, der für die eben gegebene Anschauung über die eigentliche physiologische Bedeutung der Nervenerregbarkeitszunahme von schlagender Beweiskraft ist, werde ich im Folgenden einige Versuchsbeispiele zusammenstellen über die feineren Aenderungen der Nervenerregbarkeit beim Quellen in destillirtem Wasser. Das Phänomen der Erregbarkeitserhöhung durch destillirtes Wasser ist flüchtig, woraus es sich erklärt, dass es sich bisher der Beobachtung entzog.

Wasserbestimmungen der quellenden Nerven wurden bei diesen Versuchen nicht gemacht.

## Tabelle III.

### Erregbarkeitserhöhung der Nerven bei dem Quellen in destillirtem Wasser.

| Quellungszeit in destillirtem Wasser. | Erregbarkeit = Rollenabstand in Millimetern. | | | Wassergehalt der Nerven nach dem Absterben durch Trocknen bei 120° C. bestimmt. |
|---|---|---|---|---|
| | Nerve I. | Nerve II. | Nerve III. | |
| 0′ | frisch: 247 | frisch: 225 | frisch: 227 | NB. Nerve II und III vom selben Thiere. |
| 5′ | 248 | 245! | 247! | |
| 23′ | 235! | 235 | 237 | Der Wassergehalt der todten Nerven |
| 38′ | 197 | 232 | 225 | I = 89 % |
| 41′ | 185 | 207 | 210 | II = 88 » |
| 54′ | 2 | 175 | 206 | im Momente des Absterbens. |
| 60′ | todt | todt | todt | Es ist das nicht das Quellungs-Maximum. Nerve III lag todt noch 24 Stunden im Wasser, sein Wassergehalt war danach: 94,0 %. |

Die Steigerung der Erregbarkeit ist deutlich ersichtlich. An anderen Stellen werden wir diese Steigerung auch für andere Stoffe als Wasser nachweisen, soweit solche vorläufig physiologisch von grösserer Bedeutung sind.

#### b. 0,7% Chlornatriumlösung und Vertrocknung.

Das Kochsalz (Chlornatrium) zeigt sich bekanntlich (Kölliker siehe unten) gehörig verdünnt für das Nervengewebe als eine ganz wirkungslose Substanz, in dessen 0,5 — 1% Lösung der lebende Nerve stundenlang bis tagelang fast unverändert seine Lebenseigenschaften conservirt.

Versuche der Art sollen für den peripherischen Nerven in der Folge zum Vergleiche mit der Wirkung der Kalisalze angeführt werden.

Hier stehe als Versuchsbeispiel, welches die erhaltende Eigenschaft der Kochsalzlösung in einem möglichst hellen Lichte erscheinen lässt, ein Vertrocknungsversuch am Nerven, bei welchem die Wiederbelebung anstatt mit destillirtem Wasser mit 0,7 % Kochsalzlösung gemacht wurde. Die Versuchsbedingungen sind vollkommen mit denen identisch, welche bei den Versuchen zu Tabelle I. und II. in Anwendung kamen.

## Tabelle IV.

### Wiederbelebung des vertrockneten Nerven durch 0,7 % Kochsalzlösung.

| Beobachtungszeit. | Zustand des Versuchs-Objectes. | Erregbarkeit = Rollenabstand in Millimetern. | Gewicht des Nerven in Grammen. | Wasseraufnahme oder Wasserabgabe, absolut. | Wassergehalt in Procenten. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | frisch . . . . . | 345 | 0,0475 | — | 75 % |
| | a. Nerve an die Luft zum Vertrocknen gehängt. | | | | |
| 3′ | Vertrocknungskrämpfe beginnen . . . . . | 170 | 0,0450 | — 0,0025 | 70,7 » |
| 8′ | Vertrocknungs-Tetanus | 95 | 0,0430 | — 0,0045 | 66,2 » |
| 13′ | Vertrocknungs-Tetanus besteht fort . . . . . | Minimal | 0,0414 | — 0,0064 | 60,0 » |
| 15′ | Nerve scheintodt, die Krämpfe haben aufgehört . . . . . | 0 | 0,0401 | — 0,0074 | 56,5 » |
| 18′ | b. Nerve zur Wiederbelebung in 0,7 % Kochsalzlösung gelegt. | | | | |
| 23 | Die untere Nervenstrecke wieder erregbar, keine Krämpfe . . . | 130 | 0,0427 | — 0,0048 | 65,4 » |
| 28′ | Die obere Nervenstrecke noch unerregbar, Mitte . . . . . | 82 | 0,0431 | — 0,0044 | 66,5 » |
| 1 hor. 5′ | Die Erregbarkeit steigt immer weiter nach aufwärts . . . . . | 180 | 0,0455 | — 0,0020 | 71,4 » |
| 20′ | — — | 190 | | | |
| 35′ | Minimalzuckung bei . . | 240 | | | |
| — | Gastroknemius zuckt bei . . . . . | 195 | 0,0477 | + 0,0002 = 0 | 75 » |
| 2 hor. 40′ | » » | 170 | 0,0475 | ± 0! | |

Der Versuch lehrt wie vollkommen unschädlich das Chlornatrium in 0,7 % Lösung gegen den Nerven ist. Der scheintodte vertrocknete Nerve nimmt aus dieser Lösung nur so viel Wasser auf, um seinen normalen Wassergehalt wieder herzustellen, wenn er auch (2) Stunden lang in der Quellungsflüssigkeit liegt.

Der Versuch zeigt weiter, dass der Vertrocknungsscheintod offenbar die Lebenseigenschaften der Nerven nur äusserst wenig alterirt. Durch Anwendung von Kochsalzlösung als wiederherstellende Flüssigkeit sind wir im Stande, die alte Erregbarkeit der vertrockneten Nerven fast vollständig wieder herzustellen. Nur die alleroberste, dem Schnittende des Nerven nächste Strecke bleibt unerregbar.

Die untere Grenze für den Wassergehalt des lebenden Nerven fand ich ziemlich viel höher als Harless, wie z. B. die vorstehende Tabelle ergibt. Oefters sah ich bei directen Trockenbestimmungen den Tod schon eingetreten,

wenn der Wassergehalt auf etwa 67 % gesunken war, d. h. bei einer Wassergehaltsverminderung um etwa 8 %.

Die Versuche lehren gleichzeitig, dass bei der Wiederbelebung scheintodter (vertrockneter) Nerven, die Erregbarkeit zuerst an den peripherischen Partien des Nerven wiederkehrt und erst nach und nach gegen die oberen emporsteigt, umgekehrt als bei dem Nervenabsterben. Wiederbelebung nach einer anderen Scheintodart gibt wie bekannt das gleiche Resultat.

Das Ritter-Valli'sche Gesetzt, welches das Absterben von den centralen Nervenstrecken herabsteigend lehrt, kann also für diese Fälle (ob für alle Scheintodarten?) dahin ergänzt werden:

Die Lebenseigenschaften des sterbenden Nerven sinken in absteigender Richtung vom Centrum der Peripherie zu, die Wiederbelebung scheintodter Nerven nimmt dagegen die umgekehrte Richtung, bei ihr schreitet die Wiederkehr der Erregbarkeit von der Peripherie gegen das Centrum fort.

Die von Rosenthal zuerst besprochene primäre Erhöhung der Erregbarkeit der absterbenden Nerven, welche dem Sinken derselben vorausgeht, wurde oft in nicht ganz den Verhältnissen entsprechender Weise als eine Modification des alten Ritter-Valli'schen Gesetzes betrachtet. Dieses will nur den Gang des Absterbens der Nerven beschreiben; die Erhöhung der Erregbarkeit ist aber nichts Anderes als der erste Act des Absterbens (= der Ermüdung), dem als zweiter Act das allmählige Sinken bis zum gänzlichen Erlöschen folgt.

Die von W. Kühne erwähnte Thatsache (physiologische Chemie. S. 352), dass der durchschnittene, zum Theil frei präparirte Nerve bei Unterbindung der ernährenden Arterien der Muskeln, die er innervirt, im lebenden Thiere von dem Centrum zur Peripherie abstirbt (scheintodt wird), um bei Erneuerung des Blutzuflusses in entgegengesetzter Richtung wieder belebt zu werden, ist jener zweite Fall für die Ergänzung des Gesetzes des Nervenabsterbens, auf den oben Bezug genommen wurde.

Die vorstehenden Versuche sind nicht direct in polemischer Richtung angestellt.

Soviel ergeben sie aber als Bestätigung der Versuche von Kölliker, dass eine Wiederbelebung eines vollkommen durch Vertrocknen unerregbar (scheintodt) gewordenen Nerven gelingt durch Wiederaufnahme von Wasser, dass also der Nerve während des aufreibenden Tetanus, der dem Vertrocknen voraus ging, nicht wirklich abgestorben ist; die Erregung der Nerven durch Vertrocknung ist also nicht mit einer momentanen, fortschreitenden Tödtung identisch. Dass hier die Feuchtung der Nervenoberfläche die Wiederbelebung nicht bloss vortäuscht, indem sie noch erregbar gebliebene Nervenfasern dem electrischen Strome wieder zugänglich macht, zeigt der Umstand, dass öfters die schon vollkommen durchfeuchteten oberen Nervenpartien erst nach und nach ihre Erregbarkeit wieder erlangen.

Kühne will aus den Versuchen über die Wiederbelebung der durch Ernährungsstörung im lebenden Thiere scheintodt gewordenen Nerven schliessen, dass die Wiederkehr der Erregbarkeit auf einem vom letzten Muskelende des Nerven im Nerven aufsteigend gerichteten Ernährungsstrom beruhe, innerhalb

der Nervenröhren, unabhängig von der Blutzufuhr (die Nerven können bei dem Experimente eine weite Strecke ganz frei präparirt werden). Die im Vorstehenden aus meinen Versuchen erwähnte Thatsache lässt sich mit der KÜHNE'schen Auffassung wohl vereinigen. Freilich ist uns die Natur eines solchen hypothetischen Ernährungsstromes vollkommen unbekannt.

In Beziehung auf die Frage nach dem Wesen der Nervenreizung beim Vertrocknen scheinen meine Versuche wie die älteren zu ergeben, dass bei der Reizung des Nerven durch Wasserentziehung das Reizmoment nicht etwa der Wasserverlust an sich sein kann. Man könnte sich aber wohl denken, dass in Folge des Wasserverlustes in den Nervenflüssigkeiten gelöste Stoffe durch gesteigerte Concentration reizende Eigenschaften erlangen, die sie in verdünnteren Lösungen nicht besitzen.

Meine Versuche lehren, wie ältere, dass die Vertrocknungskrämpfe bei verschiedenem Wassergehalte eintreten können, dass sie dagegen nicht eintreten, wenn der vertrocknete Nerve seinen Wassergehalt nach und nach durch Quellung in Wasser oder 0,7 % Kochsalzlösung wieder restituirt.

Beweisend für den Modus der Erregung sind diese Thatsachen nicht. Es ist nämlich die Annahme durchaus nicht zurückzuweisen, dass die Kochsalzlösung, obwohl sie frische lebende Nerven gar nicht verändert, sich doch gegen vertrocknete anders verhält. Und so ist es ja sichtlich. Während der lebende, frische Nerve seinen Wassergehalt stundenlang in derselben Lösung unverändert lässt, nimmt der vertrocknete Nerve die Lösung wenigstens anfänglich begierig auf und restituirt nach und nach seinen Wassergehalt. Es ist kaum zweifelhaft, dass während dieses Vorganges, während Flüssigkeit in den Nerven eindringt, auch Stoffe aus ihm auf dem der Diffusion nun offen stehenden Wege gleichzeitig austreten. Es könnten daher diese supponirten, reizenden Inhaltsstoffe des Nerven, indem sie wenigstens theilweise aus dem Nerven ausgezogen sind, bei der Neuanquellung nicht mehr die zur Reizung erforderliche Concentrationsstärke erlangen. Auch bei Imbibition der vertrockneten Nerven in feuchter Luft schlägt sich zuerst Wasser auf die Nervenoberfläche nieder, und es etablirt sich ein Diffusionsvorgang zwischen dieser Wasserschicht und den inneren Nervenpartien.

Dasselbe lässt sich, soviel ich sehe, auch gegen die Annahmen einwenden, welche auf den Wasserentziehungsmodus selbst (z. B. auf die Geschwindigkeit mit welcher die Wasserentziehung erfolgt) als auf das reizende Moment für den Nerven recurriren.

Ein directer Beweis für die von mir gegebene Anschauung wird schwer zu liefern sein. Ihre Möglichkeit dagegen kann nicht angefochten werden. Wir kennen ja im Nerven vorkommende Stoffe, ich brauche als Beispiel nur die Salze der Alkalien zu erwähnen, welche bei passender Concentration als Nervenreize wirken. Den vertrockneten Nerven fand ich öfters sauer. Dass Stoffe bei dem Quellen der lebenden Nerven in Kochsalzlösung aus dem Nerven austreten können, beweisen Versuche an tetanisirten Froschnerven.

Die Nerven durch Strychninkrämpfe unerregbar gewordener Frösche sind in ihren chemischen Verhältnissen verändert; auf der Anwesenheit gewisser ermüdender Stoffe im Nervensafte beruht die Verminderung der Nervenerreg-

barkeit, welche insofern eine Aehnlichkeit mit dem Nervenscheintode hat, als sie auch durch Erneuerung des normalen Stoffwechsels wieder beseitigt werden kann, die Nerven zeigen dann ihre normale Erregbarkeit ganz und gar nicht verändert.

Bringen wir ausgeschnittene, wenig erregbare Nerven mit Strychnin fast getödteter Thiere in 0,7% oder 1% Kochsalzlösung, so sehen wir die normale Erregbarkeit der Nerven wieder zurückkehren und sich halbe Tage lang unverändert in der Flüssigkeit erhalten. Wir können uns diese Restituirung der Erregbarkeit nur durch ein Auswaschen der Erregbarkeitsverändernden Stoffe aus dem Nerven deuten. Hier findet also offenbar ein Diffusionsvorgang zwischen dem veränderten Nerven und der Kochsalzlösung statt, den wir also auch füglich für die vertrockneten Nerven mit demselben Erfolge voraussetzen dürfen. Dass die Erregbarkeit der vertrockneten Nerven bei der Quellung in 0,7% Kochsalzlösung nicht vollkommen bis zur alten Höhe wiederkehrt, wie wir das nach anderen chemischen Nervenalterationen finden werden, spricht demnach vielleicht dafür, dass der Nerve mit der Wasseraufnahme aus der Kochsalzlösung auch Stoffe an diese abgegeben, seine normale chemische Zusammensetzung und damit auch seine normale Erregbarkeit verändert hat.

Als Beispiele zu dem Gesagten gebe ich folgende 3 Versuche.

**Tabelle V.**

Wiederherstellung durch Strychnin-Tetanus erschöpfter Nerven durch 0,7% Kochsalzlösung.

| Quellungs-Zeit (die Nerven liegen in 0,7% NaCl) in Stunden u. Min. | Erregbarkeit = Rollenabstand in Millimetern. | | |
|---|---|---|---|
| | Nerve I. | Nerve II. | Nerve III. |
| 0′ | tetanisirt, frisch präparirt: 135 | tetanisirt, frisch präparirt: 180 | tetanisirt, frisch präparirt: 113 |
| 1 hor. — | 240! | 240! | 200! |
| — » 45′ | 230 | 260 | 220 |
| 3 » 15′ | 244 | 229 | 225 |
| 5 » 15′ | 230 | 239 | 230 |
| 40 » 45′! | 240 | — | — |
| 42 » 45′ | 135 | — | — |

## II.

## Quantitative Schwankungen der Nervenreaction.

### c. Vermehrung der alkalischen Reaction der Nerven.

### Quellen in 1 pro mille Kalilösung.

Um die Wirkung alkalischer Flüssigkeiten, die Vermehrung der alkalischen Reaction auf den Nerven zu prüfen, wurde er der Einwirkung von 1 pro mille Kali unterworfen.

Die Versuchsmethoden waren vollkommen mit denen gleich, welche das

Verhältniss des Wassergehaltes zur Erregbarkeit der Nerven constatirt. Auch hier dienten die beiden Ischiadnerven desselben Frosches zum Vergleiche.

Folgende beiden Versuche können als Beispiel der beobachteten Verhältnisse dienen. Die aufgenommene Quantität des alterirenden Stoffes wurde hier wie in der Folge aus der Gewichtszunahme des gequollenen Nerven berechnet, mit der Unterstellung, dass die in den Nerven aufgenommene Flüssigkeit dieselbe Concentration besitzt wie die zur Imbibition dargebotene.

**Tabelle VI.**

Die für den Nerven tödtende Kaliquantität.

| Versuchszeit. | Zustand des Versuchsobjectes. | Erregbarkeit = Rollenabstand in M. M. | Gewicht der Nerven in Grammen. | Aus der Gewichtszunahme berechnete Kaliaufnahme. | Steigerung des Wassergehaltes. |
|---|---|---|---|---|---|
| I. 0′ | Nerve frisch In Kalilösung getaucht und wieder gereinigt: | 255 | 0,0200 | — | 75% |
| | | 295 | | | |
| 8′ | Nerve todt! | 0 | 0,0235 | 0,00035 Grmm. | 78,7% |
| II. 0′ | Nerve frisch In die Kalilösung gelegt: | 275 | | | |
| | | 260 | | | |
| 1′ | » | 275 | | | |
| 3′ | » | 267 | | | |
| 5′ | » | 268 | | | |
| 7′ | » | 250 | | | |
| 9′ | » | 250 | | | |
| 11′ | » | 215 | | | |
| 15′ | » | 0! | | | |

Der Versuch lehrt, wie enorm rasch, in wenig Minuten die Kaliaufnahme den Nerven zu tödten vermag. Dass alkalische Stoffe auch den Muskel zu tödten vermögen, ergaben schon meine älteren Versuche (Tetanus S. 354 f.).

Die Stoffquantität, welche den Nerventod herbeiführt, ist minimal, es genügt für einen ganzen Froschnerven wenig mehr als:

$^1/_3$ Millgramm (wasserfreies) Kali.

Die Bestimmung der Erregbarkeitsveränderung des Nerven in der Kalilauge zeigt, dass die Einwirkung derselben zu Anfang langsam, in der Folge aber, sowie sie sich nur einmal geltend macht, fast momentan tödtend ist, es fällt bei dem Kalitode zum Schluss die Erregbarkeit sehr plötzlich.

Es ist nicht unmöglich, dass die hier beobachtete rasche Wirkung des Kali nicht allein von der alkalischen Reaction herrührte. Wir werden sogleich sehen, wie stark auch die neutralen Kalisalze auf die Nerven einwirken. Doch ergeben alle meine Beobachtungen über Tod der Nerven in alkalischen Flüssigkeiten das gleiche Resultat, dass, wenn einmal die Einwirkung der letzteren merklich wird, der Tod der Nerven in grosser Raschheit erfolgt.

Schliessen wir hier sogleich die Versuche an, welche über den Säuretod des Nerven angestellt wurden.

### d. Künstliche Erzeugung einer sauren Nervenreaction.

Die folgende Tabelle enthält Versuchsbeispiele über die Säureaufnahme des Nerven.

Die Versuchsmethoden blieben den bisher angewendeten vollkommen gleich.

Es scheint überflüssig hier noch darauf hinzuweisen, dass meine älteren Versuche am Muskel ermüdende und tödtende Wirkung der Säuren für diesen ergeben haben (Tetanus, S. 351 f.).

**Tabelle VII.**

**Die für den Nerven tödtende Säurequantität.**

| Versuchszeit. | Zustand des Versuchsobjectes. | Erregbarkeit = Rollenabstand in M. M. | Gewicht der Nerven in Grammen. | Aus der Gewichtszunahme berechnete Säureaufnahme in Grammen. | Steigerung des Wassergehaltes. |
|---|---|---|---|---|---|
| | I. 1 pro mille Essigsäure: | | | | |
| 0′ | Nerve frisch | ? | 0,0275 | — | 75 % |
| 1′ | In Essigsäure gelegt | 270 | | | |
| 3′ | Der Muskel zuckt vom Nerven aus | 255 | 0,0345 | 0,0004 | |
| 5′ | » | 245 | | | |
| 8′ | » | 243 | 0,0345 | 0,0006 | |
| 17′ | » | 230 | 0,0355 | 0,0008 | |
| 22′ | » | 195 | | | |
| 27′ | Nerve todt | — | 0,0360 | 0,00085 Grmm. | 80,9 % |
| | II. 1 pro mille Phosphorsäure. | | | | |
| 0′ | Nerve frisch | 284 | 0,0265 | | 75 % |
| 1′ | In die Säure gelegt | 300 | | | |
| 4′ | » | 285 | 0,0340 | 0,00075 | 80,3 % |
| 9′ | » | 280 | | | |
| 14′ | Nerve todt | — | 0,0375 | 0,00110 Grmm. | 81,3 % |
| 19′ | » | — | 0,0385 | | |
| 1 hor 4′ | » | — | 0,0425 | | |
| 6 hor | » | — | 0,0475 | | 86,1 % |
| | III. 1 pro mille Salpetersäure. | | | | |
| 0′ | Nerve frisch In Salpetersäure gelegt | 265 | 0,0225 | — | 75 % |
| 7′ | » | 195 | 0,0310 | 0,00085 | |
| 27′ | » | 195 | 0,0310 | 0,00085 | |
| 38′ | Nerve todt | — | 0,0328 | 0,00103 Grmm. | 82,3 % |
| | IV. 1 pro mille Salzsäure. | | | | |
| 0′ | Nerve frisch In Salzsäure gelegt | 275 | 0,0215 | — | 75 % |
| 5′ | » | 240 | 0,0279 | 0,00064 | |
| 21′ | » | 85 | 0,0320 | 0,00105 | |
| 38′ | Nerve todt | — | 0,0361 | 0,00146 Grmm. | 85,1 % |

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass die Quantitäten der Säure wasserfrei gedacht, welche den Nerventod herbei führen, sehr gering sind.

Der Ischiadnerve des Frosches wird getödtet durch die Aufnahme von:

1—1½ Milligramm Säure.

Dieses Resultat bedarf jedoch noch einer eingehenderen Besprechung.

In den Tabellen ist neben der Quantität der aufgenommenen, wasserfrei gedachten Säure auch die gleichzeitige Wasserzunahme des Nerven, die wir als einen sehr ausgiebigen Todesgrund kennen, quantitativ dargestellt. Wir können uns dem Gedanken nicht verschliessen, dass das Resultat des Absterbens der Nerven in Säure, sowie in allen zu prüfenden Flüssigkeiten sich aus wenigstens diesen beiden Todesursachen zusammensetzt. Dass neben anderen Todesursachen z. B. auch noch ein Stoffauslaugen aus dem Nerven wirksam wird, wurde oben erwähnt.

Bei der Kaliaufnahme, welche den Nerventod herbeiführt, ist die Wasserzunahme nur eine sehr geringe. In dem Versuchsbeispiele der Tabelle ist die Wasservermehrung über das Mittel: 2,7 %, eine Wasserzunahme, welche noch lange innerhalb der Grenzen der beobachteten physiologischen Schwankungen des Nervenwassergehaltes hereinfällt. Meine Versuche, die am Schlusse des dritten Capitels zusammengestellt sind, ergaben für den normalen Ischiadicus Schwankungen im Wassergehalte von 72,3 %—78,6 %, also um: 6,3 %. Die Mittelzahl kann demnach um 3,6 % überstiegen werden.

Die bei der Kaliaufnahme gleichzeitig mit erfolgende Wasseraufnahme in den absterbenden Nerven dürfen wir also als fast bedeutungslos für den Nerven unbeachtet lassen. Wir dürfen annehmen, dass weit überwiegend das Kali selbst die Todesursache für den Nerven war, resp. das Anwachsen der alkalischen Nervenreaction.

Bei den Versuchen mit Säuren sehen wir dagegen die Wasserzunahme des Nerven neben der Säureaufnahme viel bedeutender. Es beträgt hier die Wassergehaltssteigerung, wenn wir uns an die Versuchsbeispiele halten, bei der Säureimbibition bis zum eingetretenen Tode:

| | Wassergehalt der eben abgestorbenen Nerven: |
|---|---|
| für Essigsäure . . . . | 80,9 % |
| für Phosphorsäure . . . | 82,3 » |
| für Salpetersäure . . . | 83,3 » |
| für Salzsäure . . . . | 85,1 » |

Es ist hier also nicht fraglich, dass dem Wasser neben der Säure ein nicht unwichtiger Platz als Todesursache eingeräumt werden muss. Bei der Salpetersäure und Salzsäure scheint es fast als wäre auf das Wasser die Hauptwirkung zu schieben.

Unsere Versuche mit destillirtem Wasser ergeben aber, dass die Nervenerregbarkeit als Controle des Nervenlebens bei einem Wassergehalte von 81 % noch nicht wesentlich alterirt ist, und dass die Grenze einer deutlichen spärlichen Einwirkung der Wasseraufnahme erst zwischen 83 % und 84 % liegt. Als Todesgrenze findet sich ein Wassergehalt von 85 % — 89 %.

Wir finden also bei dieser näheren Vergleichung doch nur bei der Salzsäure die Säurewirkung so schwach, dass sich der Tod fast allein auf die Wasseraufnahme des Nerven beziehen lässt. Bei den anderen geprüften Säuren trat der Nerventod früher ein, als sich eine starke Wirkung der Wasserquellung hätte geltend machen können.

Immerhin geht aus den Säureversuchen so viel mit Bestimmtheit hervor, dass der Nerv eine Säuerung seines Inhaltes, wie sie physiologisch im Tetanus gegeben ist, viel besser verträgt als eine Zunahme seiner normal schwach alkalischen Reaction.

Wenden wir sehr schwache Alkalilösungen und sehr schwache Säurelösungen zum Vergleiche an und zwar in Flüssigkeiten, welche die Diffusion im Nerven weniger stark anregen als destillirtes Wasser, so zeigt sich dieser Unterschied in der Säure- und Alkaliwirkung auf das allerdeutlichste. Während der Nerve in schwachsauren Lösungen eines 1%-Natronsalzes taglang am Leben bleibt, stirbt er in alkalischer Lösung desselben Salzes in der kürzesten Zeit ab. Folgende Beispiele werden das anschaulich machen.

**Tabelle VIII.**

Erregbarkeit der Nerven in 1% sauerem und 1% alkalischem (neutralem) phosphorsauerem Natron.

| Versuchszeit. | Erregbarkeit in 1% alkalischem phosph. Natron | | Erregbarkeit in 1% sauerem phosph. Natron | |
|---|---|---|---|---|
| | Nerve I. R. A. | Wasseraufnahme. | Nerve II. R. A. | Wasseraufnahme. |
| 0′ | 277 | | 290 | |
| 1 hor. — | 255 | | 267 | |
| 1 hor. 44′ | 60 | | 240 | |
| 2 hor. 6′ | todt! | 80% | 190 | |
| 5 hor. — | — | | 205 | |
| 28 hor. — | — | | 70 | 84,6% |

Die Unschädlichkeit einer schwachsaueren Reaction für das Nervenleben gegenüber einer Zunahme der normalen alkalischen Reaction zeigen die gewählten Versuchsbeispiele deutlich. Während in der alkalischen Flüssigkeit das Nervenleben vor Ablauf zweier Stunden erlosch, erhielt es sich in der saueren Flüssigkeit 24 Stunden, also 12 mal länger. Hier und da können die Resultate selbstverständlich auch etwas weniger weit als in den angeführten Versuchen auseinander liegen, immer aber ist das Uebergewicht auf Seite der gesäuerten Nerven sehr bedeutend.

Es ergeben uns also schon diese Versuche, dass das Auftreten einer schwachen, fixen Säure im Nervensafte für das Nervenleben lange erträglich ist, dass sich in Folge dessen der Nerve lange in einem Zustande erhalten kann, der von der Norm wenig verschieden ist, jedenfalls nicht jenseits der physiologischen Grenzen liegt.

Schliesslich haben wir noch darauf aufmerksam zu machen, dass die Versuchstabelle VII einen nicht unbedeutenden Unterschied in der Raschheit ergab, mit welcher die verschiedenen Säuren tödtend wirken. Die Phosphorsäure steht darin am höchsten, sie tödtet am raschesten (im Versuchsbeispiele in 14 Minuten). In den anderen Säuren erhält sich die Erregbarkeit etwa eine halbe Stunde. Es gibt uns das einen Fingerzeig dafür, dass vielleicht auch unter den Säuren einige stärker alterirend wirken als andere, wie wir das sogleich für neutrale Salze erweisen werden. Zugleich zeigt die Tödtungszeit für Säure, die wenigstens um die Hälfte kürzer ist als die für destillirtes Wasser, dass die Säuren energischer alterirend auf das Nervenleben einwirken als reines destillirtes Wasser.

## III.

## Schwankungen in der Menge der im Nerven enthaltenen Kalisalze.

### 1.

Unter allen im Organismus normal vorkommenden Stoffen, die ich einer Prüfung auf ihren Einfluss auf die lebende Muskelsubstanz unterwarf, fand ich die Kalisalze von der stärksten Wirkung.

Wir haben uns danach umzusehen, wie sie sich gegen den Nerven verhalten.

Aus meinen früheren Untersuchungen (im Tetanus S. 398) ergab sich bereits eine sehr bedeutende Einwirkung der Kalisalze auf das Leben der nervösen Centralorgane, hier sollen nur ihre Wirkungen auf die peripherischen Nerven noch näher geprüft werden*).

Zum Vergleiche stelle ich die mit Natronsalzen gemachten Versuche neben die Kaliversuche, um durch die nachgewiesene Unschädlichkeit der ersteren die Schädlichkeit der anderen in ein noch helleres Licht zu stellen.

Die Versuchsmethoden sind die bisherigen. Geprüft wurden:

1. Chlorkalium von 1%
2. Chlornatrium »
3. Kalisalpeter »
4. Natronsalpeter »

Das Uebrige ergeben die Tabellen. Ueber die Quellung der lebenden Nervensubstanz in Natronlösungen cf. das folgende Capitel.

---

*) Meine älteren Versuche schienen dafür zu sprechen, dass die peripherischen Nerven von den Kalisalzen wenig angegriffen würden. Die Erregbarkeit derselben blieb (bei Kalisalzeinspritzungen in die Blutgefässe des Frosches) unverändert, während die Muskeln dadurch rasch abstarben. Es ergibt sich aber, dass die Wirkung solcher Einspritzungen auf den Nerven stets nur eine äusserst minimale ist! wie wir unten noch weiter auseinander zu setzen haben. — Es musste also die Prüfung der Kalisalze erneuert werden. Hier sei zur Erklärung nur erwähnt, dass die Imbibition auch bei den ausgeschnittenen Muskeln weit rascher erfolgt als bei den ausgeschnittenen Nerven, die Wirkung der Stoffe auf letztere also stets langsamer eintritt.

**Tabelle IX.**

Absterben des Nerven in Chlorkalium.

| Versuchszeit. | Erregbarkeit = Rollenabstand in Millimetern. | Gewicht des Nerven in Grammen. | Chlorkaliumaufnahme, absolute in Grammen. | Wasseraufnahme % |
|---|---|---|---|---|
| | 1% Chlorkaliumlösung. | | | |
| 0′ | Nerve frisch: 300 in 1%Chlornatriumlösung gelegt: | 0,0190 | — | 75% |
| 25′ | 150 | 0,0190 | nicht nachweisbar | keine |
| 35′ | Nerve todt | 0,0207 | 0,00047Grmm. | 77,1% |

Der Versuch zeigt das Leben der in 1% Chlorkaliumlösung quellenden Nerven in etwa $^1/_2$ Stunde vernichtet, die Aufnahme der tödtenden Substanz ist dabei äusserst minimal, sie beträgt hier:

$^1/_5$ Milligramm Chlorkalium.

Die bis zur Tödtung aufgenommenen Kalisalzmengen sind selbstverständlich in jedem Versuche verschieden, immer sind sie jedoch minimal. Ich gebe nur einen Versuch. Diese quantitativen Versuche wollen und können nichts als einen approximativen Anhaltspunkt für das Verständniss der quantitativen Stoffwechselvorgänge im Nerven ergeben.

**Tabelle X.**

Nervenerregbarkeit in Kali- und Natronsalzen.

| Versuchszeit. | Erregbarkeit in 1%. | | Erregbarkeit in 1% salpetersaurem | |
|---|---|---|---|---|
| | Chlornatrium. M. M. R. A. | Chlorkalium. M. M. R. A. | Natron. M. M. R. A. | Kali. M. M. R. A. |
| 0′ Nerve frisch in die Lösung getaucht | 322 | 300 | 293 | 324 |
| | 322 | — | 298 | 290 |
| 20′ | 345 | 170 | 314 | 180 |
| 43′ | | todt | 320 | todt! |
| 1 hor. 27′ | 327 | | 290 | |
| 5 hor. | 340 | | 445 | |
| 7 hor. 45′ | 292 | | todt | |
| weiter wurde nicht geprüft. | etc. | | | |

Der Tod der Nerven in den Kalisalzen war nach etwa 40 Minuten (zwischen 20 und 40) eingetreten. In der Natronlösung lebten die Nerven ungestört

viele Stunden lang fort. Der Natronsalpeter tödtete etwas rascher als das chemisch reine Chlornatrium, das bei allen Versuchen in Anwendung kam. Spectroscopisch zeigte der verwendete Natronsalpeter eine Minimalbeimischung von Kali.

Bei den Muskelbeobachtungen stiess ich auf Fälle, in denen der Muskel in Chlornatrium mehrere Tage am Leben blieb. In der Chlorkaliumlösung starb er dagegen sehr rasch ab. Es ergibt sich demnach auch hier ein analoges Verhalten der lebenden Muskel- und Nervensubstanz, wie wir das schon bisher durchgehends gefunden haben.

Durch die Muskeluntersuchungen war ich zu dem Schlusse gekommen, dass die neutralen Kalisalze als sehr heftige Muskelgifte anzusprechen seien. Es hatte sich schon damals eine gleichzeitige giftige Einwirkung auf das nervöse Centralorgan ergeben. Nach unseren jetzigen Beobachtungen können wir nicht anstehen, die Kalisalze als heftige **Muskel- und Nervengifte** anzusprechen. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass sie ganz im Allgemeinen als Gewebsgifte aufzufassen sind. Schon ein Minimum der Kalisalze wirkt erlahmend und sehr bald tödtend auf (die Muskeln und) die Nerven ein. Der innere Grund der Giftigkeit bleibt dabei aber für jetzt noch vollkommen dunkel und unerklärlich.

## 2.

## Die neutralen Kalisalze zählen zu den ermüdenden Stoffen.

Von Dr. **A. Burkhardt** und dem **Verfasser.**

Zu einer Theorie der Wirkung der neutralen Kalisalze lassen sich die bisher bekannten Versuche mit diesen Substanzen nicht verwerthen.

In den Versuchen am Muskel mit neutralen Kalisalzen (Tetanus S. 398 f.) hatte sich ergeben, dass die Wirkung wenigstens eines derselben, des Chlorkaliums, durch einfaches »Auswaschen der Muskeln mit 0,7 % Kochsalzlösung« (durch Ausspritzen der Muskelkapillaren mit der Kochsalzlösung nachdem vorher Chlorkali eingespritzt war), zum Theil wenigstens wieder beseitigt werden könnte. Es zeigte sich hiernach also eine Analogie der Kaliwirkung mit der im Tetanus im 14. und 15. Capitel zuerst dargelegten Wirkung der ermüdenden Stoffe, deren Erfolge auch durch Auswaschen der Muskeln und Nerven wieder beseitigt werden konnten. Die Versuche über die »ermüdenden Stoffe« des Muskels und Nerven hatten gelehrt, dass diese allein durch ihre »Anwesenheit« in der Muskel- und Nervensubstanz die physiologischen Veränderungen hervorbringen.

Da also in einigen Fällen bei dem Chlorkalium eine Restitution nach der Kalisalzvergiftung beobachtet wurde, so war es nach der Analogie wahrscheinlich, dass bei ihm und den anderen Kalisalzen die Restitution vielleicht regelmässig gelingen würde, wenn nur, wie das sehr rasch eintritt, die Kalisalzwirkung noch nicht extreme Resultate erzielt hatte.

Nach den bisher vorliegenden Thatsachen konnten die neutralen Kalisalze

auch darum nicht vollkommen zu den ermüdenden Stoffen gerechnet werden, weil ihrer Wirkung das Charakteristicum der normalen Ermüdung zu fehlen schien, bei welcher stets die Herabsetzung der Leistungsfähigkeit des Muskels von einer gleichzeitigen Erhöhung der Nervenerregbarkeit begleitet ist. Bei den früheren Versuchen war eine Wirkung der schwach concentrirten Kalisalze (0,7—1%) auf die peripherischen Nervenstämme nicht hervorgetreten.

Nachdem nun bei stärkerer Einwirkung der Kalisalze ein gewichtiger Einfluss derselben auf das Nervenleben sicher constatirt ist, musste die Frage, ob die neutralen Kalisalze zu den ermüdenden Stoffen zu rechnen seien, von neuem aufgenommen werden. Die oben gemachte Beobachtung, dass tiefergreifende Nervenläsionen primär die Erregbarkeit der peripherischen Nerven erhöhen, lässt es sehr wahrscheinlich werden, dass wir bei erneuter Prüfung und richtig gewählter Concentration der Lösungen die neutralen Kalisalze in ihren Wirkungen direct den ermüdenden Stoffen werden anschliessen können.

Von diesem Gesichtspunkte aus wurde eine grössere Reihe von Versuchen mit neutralen Kalisalzen in verschiedener Concentration angestellt, von denen einige Beispiele in der folgenden Tabelle mitgetheilt werden sollen.

Die Versuche wurden ganz nach der in den Untersuchungen über Tetanus S. 222 beschriebenen Versuchsmethode angestellt. Das Nähere muss dort nachgesehen werden.

Dem ausgebluteten Frosche, dessen Gesammtnervenerregbarkeit gemessen (am Rollenabstand des Schlittens, dessen Electroden am Maule und den Füssen des Thieres befestigt wurden) und dessen Maximal-Muskelleistung für den Gastrocnemius an dem Muskelzeiger bestimmt war, wurde meist zuerst Kochsalzlösung von 0,7% durch die Gefässe gespritzt um alle Erregbarkeitszufälligkeiten zu beseitigen. Die Nervenerregbarkeit und Muskelleistungsfähigkeit wurde hierauf von neuem gemessen. Eine dritte Messung geschah nach dem Einspritzen verdünnter neutraler Kalisalzlösungen. War deren Wirkung auf Muskel und Nerve constatirt, so folgte gewöhnlich eine 4te Messung nach Auswaschen mit (= Einspritzung von) 0,7% Kochsalzlösung, um zu constatiren, ob dadurch eine Erholung von der Kalisalzwirkung eingetreten sei.

Alles Weitere ergibt die Tabelle. Es muss jedoch noch erwähnt werden, dass die Zahlenangaben dieser Tabelle in sofern sich wesentlich von den bisherigen und den folgenden unterscheiden, dass die Scala, nach welcher die Rollenabstände des Schlittens = Nervenerregbarkeit abgelesen wurde, hier mit der wachsenden Entfernung der Rollen abnehmende Zahlen liefert, je grösser der Rollenabstand = je grösser die Erregbarkeit, desto kleiner die in der Tabelle stehende Zahl.

## Tabelle XI.

### Erste Wirkung des Kalisalpeters auf die Erregbarkeit der Nerven und Leistungskraft der Muskeln.

| Versuchs-Zeit. | Erregbarkeit der Nerven = Rollenabstand bei der ersten Zuckung in M. M. | Kraft der Muskeln (= Ausschlag des Muskelzeigers bei starker Erregung). | Einspritzungen. | Allgemeiner Zustand des Versuchsthieres, besonders des Herzens desselben. |
|---|---|---|---|---|
| | | | **I. Versuchsbeispiel.** | |
| | | | In allen Versuchen: salpetersaueres Kali eingespritzt von verschiedener Concentration. Hier wurde geprüft die Concentration von 0,5% — 1%. | |
| 0' | 155 | 37° | Der Frosch mit 150 cc 0,7% Kochsalzlösung gewaschen. | 40 Pulsschläge in der Minute. |
| 5' | 155 | 20° | Nachdem 75 cc Salpeterl. von 0,5% eingespritzt wurden. | Augenblicklicher Herzstillstand, heftige Krämpfe in allen Stammmuskeln. |
| 10' | 165 | 12° | Nach Kochsalzwaschung mit 75 cc. | Das Herz erholt sich sehr bald wieder, nach dem Waschen: 54 Pulse. |
| 20' | 205 | 0° | Nach 75 cc 1% Salpeterlösung. | Herzstillstand, im Anfang Muskelkrämpfe, welche aber sogleich aufhören. |
| 30' | 200 | 12° | Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen. | Die Herzcontractionen stellen sich wieder her: 22 Pulse. |
| | | | **II. Versuchsbeispiel.** | |
| 0' | 160 | 40° | 75 cc Kochsalzwaschung. | 64 Pulse. |
| 7' | 165 | 26° | 75 cc 0,4% Salpeterlösung eingespritzt. | Augenblicklicher Herzstillstand, leichte Zuckungen in den Bauchmuskeln. |
| 18' | 115 | 30° | 100 cc Kochsalzlösung eingespritzt. | Nachdem 80 cc Kochsalzlösung eingespritzt sind, fängt das Herz wieder an zu schlagen, schliesslich 48 Pulse. |
| 23' | 65 | 2° | 75 cc 0,4% Salpeterlösung eingespritzt. | Fast augenblicklicher Herzstillstand. |
| 27' | 105 | 4° | Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen. | Das Herz contrahirt sich wieder. Nach der Waschung 40 Pulse. |
| | | | **III. Versuchsbeispiel.** | |
| 0' | 135 | 52° | Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen. | Vor der Waschung 52 Pulse, nach der Waschung 48. |
| 5' | 115 | 12° | 75 cc 0,4% Salpeterlösung eingespritzt. | Das Herz steht still, heftige klonische Krämpfe aller Muskeln. |

| Versuchs-Zeit. | Erregbarkeit der Nerven = Rollenabstand bei der ersten Zuckung in M.M. | Kraft der Muskeln (= Ausschlag des Muskelzeigers bei starker Erregung). | Einspritzungen. | Allgemeiner Zustand des Versuchsthieres, besonders des Herzens desselben. |
|---|---|---|---|---|
| 40′ | 170 | 26⁰ | Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen. | Nach einer Waschung mit 30 cc contrahirt sich das Herz wieder, zum Schluss 52 Pulse. |
| | | | IV. Versuchsbeispiel. | |
| 0′ | 150 | 60⁰ | Mit 75 cc Kochsalzlösung gewaschen. | Pulse vor der Waschung 52. Pulse nach der Waschung: 52. |
| 15′ | 130 | 24⁰ | Einspritzung von 75 cc 0,4 % Salpeterlösung. | Fast augenblicklich steht das Herz still. Heftigster Tetanus aller Muskeln. |
| 22′ | 150 | 35⁰ | Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen. | Nach 30 cc Waschung stellt sich die Herzcontraction wieder her. Pulse 56. |
| | | | V. Versuchsbeispiel. | |
| 0′ | 120 | 34⁰ | Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen. | Herzpulse vor der Waschung 52; nach der Waschung 64. |
| 25′ | 90 | 30⁰ | Einspritzung von 75 cc 0,4 % Salpeterlösung. | Augenblicklicher Herzstillstand, leichte Zuckungen in den Extremitäten. |
| 35′ | 145 | 24⁰ | Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen. | Die Herzcontractionen stellen sich nach einer Waschung mit 30 cc Kochsalzlösung wieder her. 64 Pulse. |
| | | | VI. Versuchsbeispiel. | |
| 0′ | 170 | 65⁰ | Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen. | Nach der Waschung: 56 Pulse. |
| 5′ | 140 | 55⁰ | 150 cc 0,2 % Salpeterlösung eingespritzt. | Nach 75 cc Einspritzung steht das Herz still, die Vorhöfe contrahiren sich jedoch noch 18 mal in der Minute. |
| 30′ | 170 | 52⁰ | Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen. | Die Herzcontractionen stellen sich wieder ein, es contrahiren sich Kammer und Vorhöfe 52 mal in der Minute. |

Die mitgetheilten Versuchsbeispiele ergeben, dass bei passend gewählter Concentration der Kalisalzlösungen auch das salpetersaure Kali die Möglichkeit einer vollständigen Wiederherstellung sowohl der Nervenerregbarkeit als der Muskelkraft zulässt.

Die Wiederherstellung wurde nur durch Auswaschen mit der unschädlichen Kochsalzlösung von 0,7 % eingeleitet. Es lehren uns die angestellten Versuche also, dass primär, so lange die neutralen Kalisalze noch nicht definitiv tödtend auf den Nerven und Muskel eingewirkt haben, ihre Wirkung allein schon durch Entfernung (Auswaschen) aus dem Muskel- und Nervensafte wieder zum Verschwinden gebracht werden kann.

Es schliesst sich demnach hierin die Wirkung der Kalisalze direct an die der »ermüdenden Stoffe« an, die Gegenwart der Kalisalze in den Gewebssäften allein ist es, welche alterirend wirkt, die Wirkung ist also offenbar wenigstens primär keine eigentlich chemische.

Die Vernichtung der Muskelleistungsfähigkeit spiegelt sich am schönsten am Verhalten des Herzens, die Wiederkehr seiner Contractionen nach der Waschung ist hier wie bei den ermüdenden Stoffen eine wahrhaft überraschende Erscheinung, die sich gut zu einer Collegiendemonstration eignet. Die Messung der Muskelkraft am Muskelzeiger gelingt, wenn man die Zeigerspannung bei jedem Versuche regulirt, mit ausnahmsloser Sicherheit.

Was die älteren Versuche nicht ergeben hatten, zeigen die vorstehenden nun ebenfalls unzweifelhaft:

Durch die Kalisalzeinwirkung wird die Erregbarkeit der Nerven primär **erhöht.** Erst in der Folge und bei stärkerer Kaliwirkung tritt die Herabsetzung der Erregbarkeit und der Nerventod ein, wie es die zuerst mitgetheilten Versuche dieses Capitels und der Tabelle erweisen.

Es schliesst sich also die Kalisalzeinwirkung in allen Stücken der Wirkung der »**ermüdenden Substanzen**« an. Neben der Milchsäure und den saueren-phosphorsaueren Alkalisalzen müssen noch die neutralen Kalisalze als ermüdende Stoffe aufgeführt werden. Es wird sich in der Folge zeigen, dass wir unter die ermüdenden Stoffe ausser den Säuren und den neutralen Kalisalzen auch noch eine dritte Stoffgruppe werden rechnen müssen: die Alkalien.

Ehe wir auf die Frage nach dem Wesen der Nervenermüdung auf Grund der neu angestellten Versuche weiter eingehen, können wir doch schon an dieser Stelle erkennen, dass die Nervenermüdung, wie sie aus der Gegenwart der Kalisalze im Nerven entsteht, zwei verschiedene Stadien erkennen lässt: das **primäre** Stadium ist eine Erhöhung, das **secundäre** eine Verminderung der Erregbarkeit, die schliesslich in den Nerventod übergeht.

Dieselben Stadien werden sich auch für die anderweitigen Ermüdungsarten (natürliche und künstlich erzeugte) ergeben.

Diese Erkenntniss ist von Einfluss auf unsere Beurtheilung der Nervenermüdung in ihrem Verhältnisse zum Nervenabsterben. Beide Vorgänge zeigen ganz den gleichen physiologischen Verlauf. Was schon aus der Gleichheit der chemischen Veränderung im Nerven bei Ermüdung und Absterben (Säuerung des Nervensaftes) wahrscheinlich wurde, das ergeben diese und die folgenden Versuche mit Sicherheit:

Die Nervenermüdung und das Nervenabsterben sind im Wesentlichen identische Vorgänge.

## 3.

Die Versuche über Kalisalze erweitern auch in anderen Beziehungen unseren Anschauungskreis über die Vorgänge des Lebens der Gewebe.

In der Wirkung der Kalisalze, die wir als einen allgemeinen Bestandtheil

der Gewebsaschen und der Asche mancher Gewebssäfte antreffen, spiegelt sich uns die Wichtigkeit der anorganischen Gewebsstoffe für die Lebensvorgänge ab.

Wenn wir von nun an mit gewissen physiologischen Vermehrungen der Kalisalze im Blute gleichzeitig eine Veränderung der physiologischen Eigenschaften des lebenden Körpers beobachten, welche mit den beobachteten, die Erregbarkeit der Muskeln und Nerven herabsetzenden, ermüdenden Wirkungen der Kalisalze harmoniren, so können wir keinen Zweifel mehr hegen, dass diese Veränderung der Lebensvorgänge mit der Anwesenheit der Kalisalze direct zusammenhänge.

Die Harnausscheidung ist uns ein Bild der Stoffvorgänge im Organismus.

Nach dem Essen tritt nach meinen Beobachtungen stets eine Vermehrung der Kaliausscheidung im Harne ein, es ist klar, dass dieser gesteigerten Ausscheidungen im Harne ein Zustand der Steigerung des Kaligehaltes im Blute vorausgegangen sein muss, hervorgerufen durch die in der Nahrung aufgenommenen Kalisalze. Die primär ermüdende Wirkung der stärkeren Nahrungsaufnahme erklärt sich also (wenigstens zum Theile) als eine Kalisalzwirkung.

In den meisten Gewebssäften sehen wir die Kalisalze sehr zurücktreten, in krankhaft vermehrter Cerebrospinalflüssigkeit fand sie C. Schmidt in nicht unbeträchtlicher Menge. Seine Analyse der Asche der Flüssigkeit von Hydrocephalus acutus ergab einen Kaligehalt von

$$23\,\%$$

Wird man nach den bisherigen Resultaten noch zweifeln können, dass diese Kalisalze in der Nervengewebsflüssigkeit wenigstens zum Theil als die nächste Todesursache bei Hydrocephalus acutus angesprochen werden müssen?

Ich bin damit beschäftigt, die Kalisalze als Krankheitsursache näher zu verfolgen. Es ergibt sich schon jetzt, dass eine Reihe von allgemeinen Krankheitssymptomen sich auf Kaliwirkung zurückführen lässt.

Es führen uns unsere Untersuchungen sonach einer chemischen Erkenntniss der Krankheitsvorgänge entgegen, einer wahren Humoralpathologie.

## §. 3. Resultate.

1. Die Stoffmengen, welche den Nerven tödten, sind für Alkali, Säuren und Kalisalze ungemein gering. Sie schwanken von

$$1/8 - 1\,1/2 \text{ Milligramme}$$

der wasserfreien Substanzen für einen Frosch-Ischiadicus.

2. Die schädliche Wirkung der Erhöhung der Alkalinität des Nervensaftes (die Alkaliwirkung) ist weit bedeutender als die einer Säuerung des Nervensaftes (die Säurewirkung). Bei sehr geringer Säuerung kann der Nerve tagelang lebend bleiben, während eine noch so schwache alkalische Flüssigkeit ihn schon nach kurzer Zeit (bis 2 Stunden) tödtet.

3. Bei dem Absterben des Nerven in den geprüften Lösungen fand stets eine mehrweniger grosse Wasseraufnahme des Nerven statt. Es besteht also zwischen Nerv und Flüssigkeit ein verschieden starker Diffusionsverkehr.

4. Destillirtes Wasser tödtet den Nerven ebenfalls sehr rasch, es muss dasselbe also ebenfalls als Nervengift angesprochen werden.

Die Wasseraufnahme des in destillirtem Wasser liegenden Nerven ist bei dem Eintritt des Todes noch nicht bis zum Imbibitionsmaximum fortgeschritten. Der normale Wassergehalt des Nerven beträgt 75%, bei dem Tode beträgt er zwischen 85—89%. Das Imbibitionsmaximum ist etwa 91% (cf. folgendes Capitel).

5. Die allgemein verbreitete Annahme (E. Harless), dass Wasserzunahme die Erregbarkeit herabsetzt, während Wasserabnahme die Erregbarkeit primär erhöht, um sie erst in der Folge zu vermindern, ist nach meinen Beobachtungen dahin zu ergänzen:

Sowohl Wasserzunahme als Wasserabnahme des Nerven erhöhen primär seine Erregbarkeit und setzen sie erst in der Folge herab*).

6. Die Grenze des Nervenlebens bei Wasserverlust (Vertrocknen an warmer Luft) fand ich zu 67%—56%. Ansehnlich näher an dem normalen als Harless.

7. Physiologisch kann der Nervenwassergehalt (bei Fröschen) also schwanken zwischen

Maximum: Minimum:
89% und 56%

Die directen Bestimmungen des verschiedenen Wassergehaltes der frisch aus gesunden lebenden Thieren (Fröschen) ausgeschnittenen Nerven ergaben

Maximum: Minimum:
79% und 72%

8. Schon eine ganz geringfügige Vermehrung der neutralen Kalisalze im Nervensafte bringt den Nerventod herbei. Die Kalisalze (neutralen) sind also als Nervengifte anzusprechen. Ihre analoge Wirkung auf die Muskeln ist bekannt.

9. Neutrale Natronsalze (in dergleichen Concentration wie die Kalisalze) lassen den peripherischen Nerven in seinen Lebenseigenschaften viele Stunden lang fast ganz unverändert bestehen (Kölliker s. unten).

10. Die neutralen Kalisalze sind zu den »ermüdenden Substanzen« zu rechnen.

Als

## Anhang

sollen hier noch die Resultate über chemische Wirkungen gewisser Stoffe auf das Gehirn, Rückenmark und die peripherischen Nerven zusammengestellt werden, die sich aus meinen älteren Versuchen ergaben.

---

*) Diese Wirkung zeigt sich auch bei der Chlornatrium- und Natronsalpeter-Quellung (cf. Tab. X).

Wie schon oben angedeutet, und wie noch weiter in dem folgenden Capitel ausgeführt werden wird, ist die Geschwindigkeit der Stoffaufnahme bei der Quellung in den gleichen Flüssigkeiten bei Nervengewebe und Muskelgewebe sehr verschieden. Letzteres quillt viel rascher und verliert darum auch rascher seine Lebenseigenschaften.

Die Stoffe, welche ich früher auf die Erregbarkeit der Nerven prüfte, wurden mit diesen einzig und allein durch Einspritzung in gelöstem Zustande in die Blutgefässe zusammengebracht. Die weniger rasch bei dem Nerven erfolgende Stoffaufnahme aus Flüssigkeiten, vereinigt mit dem geringen Reichthum der peripherischen Nerven an Blutgefässen, macht es erklärlich, dass bei jenen Versuchen für den peripherischen Nerven stets nur die ersten Stadien der Stoffeinwirkung beobachtet wurden.

Wo es sich darum handelt dieses Stadium der ersten chemischen Veränderung des Nerven zu prüfen, liefert die dort angewendete Methode unter allen anwendbaren stets am sichersten Resultate. Sie muss auch in der Folge dafür stets zu Rathe gezogen werden.

Sollen aber weitergehende Aenderungen der Zusammensetzung auf ihre Wirkungen geprüft werden, so müssen die Quellungsmethode und die Methode der Gaseinwirkung auf den Nerven (cf. Capitel VI), wie wir sie hier anwendeten, gebraucht werden. Beide Methoden, die ältere und die neuere, ergänzen sich einander. Bei der ersten treten die secundären Stadien der Aenderung am Nerven nur unregelmässig ein, während die primären vollkommen deutlich sind; bei den letzteren treten die sekundären Wirkungen meist allein hervor, über die primären können sie meist keine definitiven Aufschlüsse liefern.

Nach Tetanus, 16tes Capitel, S. 400:

1. Die Erregbarkeit der **peripherischen Nervenstämme** wird, wie bei normaler Ermüdung, durch die ermüdenden Substanzen: Milchsäure (Säuren) und saueres phosphorsaueres Kali und Natron erhöht.

Die Erregbarkeit vermindernd wirkt Kohlensäure.

Erregbarkeit vermindernd, rasch vernichtend gallensaueres Natron.

In hohem Grade indifferent auf die Nerven zeigen sich bei Einspritzen verdünnter Lösungen in die Blutgefässe: Traubenzucker (Harnsäure, saueres harnsaueres Natron), Harnstoff und Hippursäure.

2. Erregend auf nervöse Centralgebilde und zwar auf das Setschenow'sche **Reflexhemmungscentrum** im Froschgehirne wirken: Harnstoff, Hippursäure, gallensaueres Natron und die Kalisalze. Die genannten führen alle vom Gehirn aus nach und nach eine Lähmung des gesammten peripherischen Reflexapparates herbei. Harnstoff und Hippursäure sind direct ohne lähmenden Einfluss auf die peripherischen Reflexmechanismen.

Nur von der Hippursäuere ist eine deutliche Einwirkung auf die peripherischen Reflexmechanismen beobachtet worden. Er besteht in einer Beruhigung des durch äussere Einwirkungen gesetzten Reizzustandes derselben, ohne eine Verminderung ihrer Energie.

# Capitel V.

## Einfluss der Nervenerregbarkeit auf den Nervenstoffwechsel.

Vom

**Verfasser und st. med. L. Puille.**

### §. 1. Zur Orientirung.

In den Vorgängen der lebenden Organismen kommen dieselben Naturgesetze und Kräfte zur Geltung, wie in der leblosen, anorganischen Welt.

Fast überall, wo man diesen allgemein anerkannten Satz auf seine Richtigkeit im Einzelvorgange prüft, findet sich aber, dass das anorganische Gesetz im lebenden Organismus unter ganz eigenthümlichen Ausnahmsbedingungen in Erscheinung tritt, welche es in der wesentlichsten Weise für die Lebensvorgänge umgestalten.

Wer erkennt z. B. in dem Gaswechsel in den Lungen den einfachen Diffusionsvorgang wieder, der in der anorganischen Natur die Gase mischt, mit dem eine kaum vergangene Periode unserer Wissenschaft die ganze Respiration zu erklären suchte?

Neben der activen physiologischen Sauerstoffabsorption der Blutkörperchen resp. des Haemoglobin's und dem activen physiologischen Ausscheidungsvorgang für die Kohlensäure durch das Lungengewebe reducirt sich der anorganische Diffusionsvorgang auf ein Minimum.

Die ganz unerklärlichen Differenzen, welche sich zwischen so ganz analogen chemischen Stoffen, wie die neutralen Salze des Natron und des Kali zu erkennen geben, macht es deutlich, dass auch der Vorgang der Stoffaufnahme und Abgabe der lebenden Gewebe besonders der Muskeln und Nerven sich nicht allein und einzig nach den einfachen Gesetzen der Quellung oder Flüssigkeitsdiffusion lebloser Substanzen richte. Es machen es diese vereinigt mit den im vorherstehenden Capitel zusammengestellten Beobachtungen über Verschiedenheiten der Quellung der Nervensubstanz in verschiedenen Flüssigkeiten mehr als wahrscheinlich, dass sich auch in Beziehung auf die Flüssigkeitsdiffusion ähnliche Ausnahmen von der anorganischen Gesetzmässigkeit für die lebenden Gewebe ergeben werden, wie sie uns die Gasdiffusion in den Lungen zeigt.

Es wird sich wirklich ergeben, dass die bisherigen schematischen Anschauungen, welche unter dem Scheine einer vollkommenen Erklärung der Lebensvorgänge die Forschung hemmten, auch auf diesem Gebiete eine sehr wesentliche Veränderung erleiden müssen.

Wie sehr durch vorgefasste Meinungen der Blick für die Auffassung der Wahrheit getrübt wird, ergibt sich kaum an irgend einem anderen Beispiele besser als an dem hier vorliegenden.

Niemand konnte bisher erklären, wie die eigenthümliche Vertheilung der Kali- und Natronsalze, erstere auf die Gewebe selbst, letztere auf die jene umspülenden Gewebeflüssigkeiten bei den angenommenen beständig vorsichgehenden einfachen Diffusionsvorgängen zu Stande komme.

Aber dass dieses eigenthümliche Verhältniss der Stoffvertheilung die allgemeine Anschauung von dem Vorhandensein einfacher Diffusionsvorgänge zwischen Gewebe und Gewebesaft direkt widerlegt, wagte bis jetzt kaum Jemand zu schliessen.

Die verschiedene physiologische Reaction der Nerven gegen verschiedene Salzlösungen wurde vor allem von Kölliker geprüft, worauf im Vorstehenden schon mehrmals hingewiesen wurde.

Die hauptsächlichsten Resultate dieser Prüfungen finden sich in den Würzburger Verhandlungen 7. Juni 1856 in einem Aufsatz »über die Vitalität der Nervenröhren der Frösche« zusammengestellt.

Dort heisst es:

»1. In Wasser und allen diluirten Lösungen von Halloid- und neutralen Salzen der Alkalien und Erden, sowie von verschiedenen organischen Substanzen wie Zucker, Eiweiss, Harnstoff sterben die Nerven in einer gewissen kurzen Zeit ab. Hiebei quellen dieselben stark bis um das Doppelte und mehr auf und werden steif und unbiegsam. In Wasser sterben die (Ischiad-) Nerven in $1\frac{1}{2}-3$ Stunden ab.«

»2. Bei allen letztgenannten Substanzen gibt es gewisse Concentrationen, in welchen die Nerven keine Aenderung erleiden und ihre Reizbarkeit lange erhalten.«

»3. In höheren Concentrationen schrumpfen die Nerven und verkürzen sich und zwar verschieden stark nach Massgabe der Concentration, und werden rascher oder langsamer leistungsunfähig.«

»4. Die wirksamen Concentrationen sind bei den verschiedenen Substanzen verschieden, bei den Salzen ergeben sich 2 Reihen, von denen die eine durch das Kochsalz die andere durch das Glaubersalz und zweibasisch-phosphorsaures Natron repräsentirt werden. Das Kochsalz ist unschädlich bei $\frac{1}{2}$ Procent und können Nerven in dieser Lösung bis an 25 Stunden reizbar bleiben; je weiter es von dieser Concentration nach unten sich entfernt, um so mehr wirkt es wie Wasser und ebenso macht es nach oben mit steigender Concentration die Nerven um so schneller leistungsunfähig, sodass schon bei 9% die Nerven innerhalb 1 Stunde und bei 20 — 30% innerhalb $\frac{1}{2}$ Stunde absterben. Bei den anderen Salzen scheinen Concentrationen von $2\frac{1}{2}-3$% am günstigsten zu wirken. Sie sind bei gleicher Concentration immer ungünstiger als Kochsalz.«

Schon diese Beobachtungen lassen keine Verhältnisse erkennen, die einer reinen Hydrodiffusion ähnlich wären bei Concentrationen der Lösungen, die nicht übermächtig sogleich das Nervenleben zerstören.

Direkt zu dem Schlusse, dass die Stoffaufnahme der lebenden Gewebe ein von dem anorganischen Vorgange der Hydrodiffusion verschiedener vitaler Act sei, kam bisher so viel uns bekannt nur Graham.

Vor jetzt 10 Jahren erschien in den »wissenschaftlichen Mittheilungen der Erlanger physikalisch-medicinischen Societät (1858)« ein Aufsatz des genannten Forschers unter dem Titel: »Ueber die Einwirkung von Farbstoff auf lebende Gewebe«.

Die Versuche beziehen sich auf die von Gerlach entdeckte Färbung der Gewebe mit karminsaurem Ammoniak, welcher die mikroskopische Forschung so viel Aufschluss über die Elementarstruktur der Organismen verdankt. Es zeigen sich hiebei bekanntlich ganz unerklärliche Differenzen in dem Vermögen den Farbstoff zu binden bei den einzelnen Zellencomponenten. Während die Intercellularsubstanz sehr wenig oder gar nicht gefärbt erscheint, besitzt die Zelle selbst einen gesättigteren Grad von Färbung, noch dunkler gefärbt ist der Kern, am dunkelsten die Kernkörperchen. Die Gewebe haben dabei nur die Fähigkeit eine bestimmte Quantität von Farbstoff zu binden, den sie dann nicht mehr durch Auslaugen mit Wasser verlieren, haben sie in concentrirteren Lösungen scheinbar mehr von dem Farbstoff aufgenommen, so wäscht sich dieser in reinem Wasser wieder leicht aus. Die Gewebe haben sonach eine eigenthümliche Anziehung zu dem Farbstoff verschieden stark je nach ihren einzelnen Elementarbestandtheilen, die sich mit den Gesetzen der einfachen Diffusion oder Endosmose nicht verträgt.

Gerlach kommt zu dem Schlusse: »die angegebenen Thatsachen deuten darauf hin, dass das Verhalten thierischer Gewebe gegen Farbstofflösungen nicht auf einfache Diffusionsverhältnisse zurückzuführen sei, sondern es scheinen im Gegentheil hier eigenthümliche Anziehungen zwischen den Elementartheilen und dem Farbstoff sich geltend zu machen, über deren physikalische Gründe uns zunächst noch jede Andeutung fehlt«.

Bei der Untersuchung lebender Gewebe fand Gerlach, dass sich diese, so lange die Lebenseigenschaften anhalten, in den Farbstofflösungen nicht färben. Er erhielt Froschlarven und Eingeweidewürmer Wochenlang in einer verdünnten Färbstofflösung am Leben, ohne dass sich die Gewebe irgendwie färbten, während die Färbung eintrat nachdem eines oder das andere der Thiere in der Lösung abgestorben war. Das gleiche Resultat gaben Eingeweidewürmer vom Frosche. Auch durch Einspritzung der Farbstofflösung unter die Haut und in den Magen der Thiere war kein besseres Resultat der Färbung zu erzielen.

Auch lebende Einzelzellen, z. B. Flimmerzellen von der Froschzunge, ergaben das gleiche Resultat. Während sie sich todt schon nach wenigen Minuten färbten, blieben sie lebend in die Farbstofflösung gebracht mehrere Stunden lang ungefärbt (Saamenfäden, Muskelfasern).

Gerlach beschliesst die Abhandlung mit den Worten:

»Die mitgetheilten Thatsachen liefern wohl den unzweideutigen Beweis, dass zwischen lebenden und todten Geweben ein fundamentaler Unterschied existirt, zu dessen Auffassung der Farbstoff ein Mittel bietet. Da uns schon die physikalischen Gründe über die eigenthümliche Einwirkung von Farbstoff auf todte Gewebe vollkommen unbekannt sind, so kann natürlich an eine physikalisch-chemische Erklärung der Thatsache, dass lebende Gewebe gegen Farbstoff sich in ganz anderer Weise verhalten als todte, nicht gedacht werden. Wir können uns hier, wie so vielfach in der Physiologie, der Annahme vitaler

Kräfte trotz der grossen Fortschritte in Physik und Chemie nicht entziehen, womit freilich keine wissenschaftliche Erklärung der Thatsache gegeben ist. Allein der Vitalismus, der wohl nie ganz aus der Physiologie schwinden wird, bleibt vollkommen berechtigt, wenn dadurch nicht mehr bezeichnet werden soll, als dass während des Lebens organischer Wesen eine Menge Erscheinungen vorkommen, welche durch die jetzt bekannten Gesetze der Physik und Chemie nicht erklärt werden können«.

Diese fundamentale Untersuchung fand wie es scheint in der physiologischen Literatur nicht die Beachtung, die sie in Anspruch zu nehmen berechtigt ist, sie passt nicht in die vorgefassten Meinungen.

Wir werden sehen, dass sie nach zwei ganz verschiedenen Richtungen die Grundlage bietet für wesentliche Fortschritte in der Erkenntniss der Lebensvorgänge (cf. dieses Capitel V und Capitel X).

## §. 2. Versuche.

Die folgenden Versuche über Nervenimbibition und Imbibition der Gewebe überhaupt, wurden nur mit solchen Concentrationen angestellt, wie sie den Säften der thierischen Gewebe annähernd entsprechen, denn es sollte alle gewaltsame Alteration der Gewebe ausgeschlossen bleiben.

Es sollen zuerst die durch Versuche erhaltenen Hauptresultate dargestellt werden, soweit sie sich auf das Rückenmark des Frosches beziehen.

Die Flüssigkeiten, welche auf ihre Imbibitionswirkung gegen das Rückenmark geprüft wurden, sind folgende:

1) Destillirtes Wasser,
2) 1% Chlornatriumlösung,
3) 1% Chlorkaliumlösung,
4) 1% Phosphorsaueres Natron, (neutrales) schwach alkalisch reagirend,
5) 1% Phosphorsaueres Natron, saueres (schwach sauer reagirend,
6) 1% Natronsalpeter,
7) 1% Kalisalpeter.

Die Methode der Versuche bietet wenig Bemerkenswerthes.

Das mit grösster Schonung ausgeschnittene Rückenmark wurde von Flüssigkeit und sonstigem Anhang möglichst durch Abtupfen mit feinem ungeleimtem Papiere befreit und dann verschlossen in einem sorgfältigst tarirten Uhrglasapparat gewogen. Sodann in die Quellungsflüssigkeit gelegt. Nach dem Herausnehmen auf die erst angewendete Weise wieder vollkommen äusserlich getrocknet und im Uhrglasapparat nachgewogen. Diese Abtrocknung erheischt selbstverständlich vor allem grösste Genauigkeit, ebenso die Gewichtsbestimmung.

Es scheint zweckmässig die gewonnenen Resultate in Versuchsbeispielen in einer Gesammttabelle darzustellen.

## Tabelle I.

### Ueber die Quellung des lebenden Rückenmarkes vom Frosch in verschiedenen Flüssigkeiten.

| Quellungsflüssigkeit und Versuchs-Nummer. | Quellungs-Zeit. | Rückenmarks-gewicht in Grammen. | Gewichtszunahme. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Absolut. | Procentisch. |
| Versuch 1. | 0′ | 0,0610 | — | — |
| | 10′ | 0,0705 | 0,0095 | 15,5% |
| Destillirtes | 20′ | 0,0775 | 0,0165 | 27,0 » |
| Wasser. | 30′ | 0,0860 | 0,0250 | 40,9 » |
| | 40′ | 0,0930 | 0,0320 | 52,4 » |
| | 50′ | 0,0975 | 0,0360 | 60,0 » |
| | 1 hor. — | 0,0995 | 0,0385 | 63,1 » |
| Versuch 2. | 0′ | 0,0650 | — | — |
| | 10′ | 0,0722 | 0,0072 | 11,1% |
| Destillirtes | 20′ | 0,0910 | 0,0260 | 40,0 » |
| Wasser. | 30′ | 0,0970 | 0,0320 | 50,0 » |
| | 40′ | 0,1030 | 0,0380 | 58,0 » |
| | 50′ | 0,1090 | 0,0440 | 67,7 » |
| | 1 hor. — | 0,1140 | 0,0490 | 75,4 » |
| Versuch 3. | 0′ | 0,0510 | — | — |
| Destillirtes | 1 hor. — | 0,0755 | 0,0245 | 48,0% |
| Wasser. | 24 » — | 0,1486 | 0,0976 | 192,5 » |
| Versuch 4. | 0′ | 0,0684 | — | — |
| Destillirtes | 1 hor. — | 0,0990 | 0,0305 | 44,7% |
| Wasser. | 24 » — | 0,1875 | 0,1294 | 174,1 » |
| Versuch 5. | 0′ | 0,0616 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0600 | — 0,0016 | 0% |
| Chlornatrium- | 8 » — | 0,0692 | + 0,0076 | 12,3 » |
| lösung 1%*). | 21 » — | 0,0802 | 0,0186 | 30,2 » |
| | 24 » — | 0,0828 | 0,0212 | 34,4 » |
| Versuch 6. | 0′ | 0,0650 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0641 | — 0,0009 | + 0% |
| Chlornatrium- | 8 » — | 0,0707 | + 0,0057 | 8,9 » |
| lösung 1%. | 21 » — | 0,0797 | 0,0147 | 22,6 » |
| | 24 » — | 0,0846 | 0,0196 | 30,1 » |
| Versuch 7. | 0′ | 0,0710 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0844 | 0,0104 | 14,6% |
| Chlorkalium- | 8 » — | 0,1003 | 0,0293 | 41,2 » |
| lösung 1%. | 21 » — | 0,1304 | 0,0594 | 83,1 » |
| | 24 » — | 0,1404 | 0,0694 | 97,7 » |
| Versuch 8. | 0′ | 0,0682 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0791 | 0,0109 | 15,9% |
| Chlorkalium- | 8 » — | 0,0919 | 0,0237 | 36,2 » |
| lösung 1%. | 21 » — | 0,1246 | 0,0564 | 82,7 » |
| | 24 » — | 0,1256 | 0,0574 | 84,0 » |

*) Weitere Versuche stehen in der folgenden Tabelle II.

| Quellungsflüssigkeit und Versuchs-Nummer. | Quellungs-Zeit. | Rückenmarksgewicht in Grammen. | Gewichtszunahme. Absolut. | Gewichtszunahme. Procentisch. |
|---|---|---|---|---|
| Versuch 9. Chlorkalium-lösung 1% | 0′ | 0,0865 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,1027 | 0,0162 | 18,9% |
| | 8 » — | 0,1350 | 0,0485 | 56,1 » |
| | 21 » — | 0,1620 | 0,0755 | 89,6 » |
| | 24 » — | 0,1732 | 0,0767 | 100 » |
| Versuch 10. Phosphors. Natron, neutrales (alkalisch reagirend) 1% | 0′ | 0,0690 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0874 | 0,0184 | 26,5% |
| | 7 » — | 0,1028 | 0,0338 | 49,0 » |
| | 24 » — | 0,1057 | 0,0367 | 53,2 » |
| Versuch 11. Phosphors. Natron, neutrales (alkalisch reagirend) 1% | 0′ | 0,0496 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0654 | 0,0158 | 31,19% |
| | 7 » — | 0,0781 | 0,0285 | 57,4% |
| | 24 » — | 0,0853 | 0,0357 | 72,0 » |
| Versuch 12. Phosphors. Natron, saueres 1% | 0′ | 0,0587 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0653 | 0,0066 | 11,2% |
| | 7 » — | 0,0750 | 0,0163 | 27,7 » |
| | 24 » — | 0,0796 | 0,0209 | 35,6 » |
| Versuch 13. Phosphors. Natron, saueres 1% | 0′ | 0,0560 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0612 | 0,0052 | 9,3% |
| | 7 » — | 0,0685 | 0,0125 | 22,2 » |
| | 24 » — | 0,0759 | 0,0199 | 35,3 » |
| Versuch 14. Natronsalpeter*) 1% | 0′ | 0,0594 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0620 | 0,0026 | 4,3% |
| | 7 » — | 0,0671 | 0,0087 | 12,9 » |
| | [48 » — | 0,0577 | — 0,0017] | |
| Versuch 15. Natronsalpeter*) 1% | 0′ | 0,0565 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0580 | 0,0015 | 2,6% |
| | 7 » — | 0,0606 | 0,0041 | 7,2 » |
| | [48 » — | 0,0530 | — 0,0075] | |
| Versuch 16. Kalisalpeter 1% | 0′ | 0,0620 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0720 | 0,0100 | 14,8% |
| | 7 » — | 0,0978 | 0,0358 | 55,1 » |
| | [48 » — erweicht, sodass keine Gewichtsbestimmung möglich war.] | | | |
| Versuch 17. Kalisalpeter 1% | 0′ | 0,0622 | — | — |
| | 1 hor. — | 0,0755 | 0,0133 | 21,4% |
| | 7 » — | 0,0946 | 0,0324 | 52,1 » |
| | [48 » — erweicht, sodass keine Gewichtsbestimmung möglich war.] | | | |

Zur weiteren Erleichterung der Vergleichung der gewonnenen Resultate stellen wir noch folgende Mittelzahlen aus den angestellten Beobachtungen zusammen:

*) Spectroscopisch nachgewiesene Spuren von Kali enthaltend.

| Lösung: | Mittlere Quellungszunahme in der ersten Stunde: % | 24 Stunden: % |
|---|---|---|
| 1% Chlornatrium . . . . . | 0 | 31,4 |
| 1% Natronsalpeter . . . . . | 3,4 | — |
| 1% saueres phosphorsaueres Natron . . . | 10,2 | 35,6 |
| 1% Chlorkalium . . . . . | 16,4 | 93,9 |
| 1% Kalisalpeter . . . . . | 18,1 | — |
| 1% neutrales (alkalisches) phosphors. Natron | 28,5 | 62,5 |
| destillirtes Wasser . . . . . | 57,8 | 183,8 |

Bei den Versuchen mit Natronsalpeter und Kalisalpeter wurde das Imbibitionsmaximum nicht bestimmt, doch sind die Differenzen in der Quellung hier mindestens so deutlich wie bei den geprüften Chlorkalien. Nach 7 hor. hatten die Rückenmarke zugenommen:

in Natronsalpeter um 10%
in Kalisalpeter um 54%.

Um einen Anhaltspunkt zu haben, wie weit wir die Quellung als innerhalb der Erregbarkeitsgrenzen der Nervensubstanz betrachten dürfen, waren in die gleichen Quellungsflüssigkeiten auch Nerv-Muskelpräparate desselben Thieres, dem das Rückenmark entnommen war, eingehängt, die von Zeit zu Zeit auf ihre Erregbarkeit geprüft wurden. Es zeigte sich, dass alle Nerven während der ersten Quellungsstunde erregbar blieben und in der Mehrzahl der Fälle ihre Erregbarkeit noch länger bewahrten. Nur im destillirten Wasser war oft in den letzten 10 Minuten die Nervenerregbarkeit schon gegen 0 zu bedeutend gesunken und erlosch meist vor Ablauf der Stunde noch vollkommen.

Wir dürfen uns danach für berechtigt halten, anzunehmen, dass wir wenigstens in der ersten Imbibitionsstunde die Quellungsverhältnisse der lebenden Nervensubstanz untersuchten. Und sehr merkwürdig sind in dieser Beziehung die vorstehenden Resultate.

Es ist, wie schon oben erwähnt, der physiologischen Chemie seit lange aufgefallen, dass die Gewebe andere Aschenbestandtheile haben als die Flüssigkeiten die sie durchtränken. Am bekanntesten und besprochensten sind die Beobachtungen am Blute, welche lehren, dass die Blutkörperchen vorwiegend oder ausschliesslich Kalisalze, das Blutplasma dagegen Natronsalze enthalte. Ganz analog ist das Verhältniss aber auch zwischen Blutplasma, Muskeln und Nerven sowie Drüsen; überall überwiegen in den Organen die Kalisalze, in den Ernährungsflüssigkeiten dagegen die Natronsalze.

Bei den beständig von Flüssigkeit allseitig umspülten Blutkörperchen war dieses Verhältniss am schwierigsten zu deuten. Hier musste man doch voraussetzen, dass durch die Wirkung der Flüssigkeitsdiffusion eine baldige Ausgleichung der diffundirbaren Stoffe zwischen Körperchen und Serum eintreten müsste. Man konnte sich die Sache nur so deuten, dass die Kalisalze im Blutkörperchen, die Natronsalze im Plasma in irgend einer Weise festgebunden würden.

Es war das also eine unerklärliche Ausnahme von dem Gesetze der Flüssigkeitsdiffusion, das man überall im Körper freiwaltend anzunehmen gewöhnt

ist. Man konnte sich nur mit einiger Phantasie über dieses Verhalten hinweghelfen.

Die vorstehenden Versuche am Rückenmarke werfen ein bedeutsames Licht auf diese bisher unerklärlichen Verhältnisse.

Sie zeigen mit voller Bestimmtheit, dass zwischen den lebenden Geweben und der umgebenden Flüssigkeit, der Flüssigkeitsaustausch nicht nach den einfachen, an todten Membranen gewonnenen Gesetzen der Imbibition erfolgt.

Wir untersuchten die Wirkung jener 4 Lösungen von ganz gleicher Concentration. Es lässt sich von vorne herein kein Grund angeben, warum sie sich gegen das Gewebe verschieden verhalten sollten und doch sehen wir die wesentlichsten Differenzen eintreten.

Am wichtigsten ist für die Beurtheilung die Differenz in der Quellung der Nervensubstanz im Natron- und im Kalisalze von gleicher Concentration.

Vom Natronsalze sahen wir in derselben Zeit noch Nichts aufgenommen, während vom Kalisalze schon 10,2 % in die Nervensubstanz getreten sind.

Es spricht das deutlich genug: die Aufnahme anorganischer Stoffe in den Nerven geht nicht nach den Gesetzen der Diffusion vor sich, es besteht ein grösseres vitales Aufnahmebestreben der Nervensubstanz für neutrale Kalisalze als für neutrale Natronsalze.

Die Vergleichung der Wirkung des vollkommen neutralen Chlornatriums mit der der beiden anderen geprüften, chemisch differenten Natronsalze: des alkalisch und des sauer reagirenden phosphorsaueren Natrons zeigt uns, dass diese Abschliessung des Nervengewebes gegen die Natronsalze nur so lange besteht, als diese keine chemisch alterirende Wirkung auf das Gewebe hervorzubringen vermögen; die sauere und die alkalische Flüssigkeit sehen wir in die Nervenmasse eindringen, letztere in ziemlich viel bedeutenderem Grade als erstere.

Es scheint nach diesen Beobachtungen, als sei zum Eindringen in das Gewebe, oder in die Zelle eine chemische Veränderung, vielleicht der Zell-Wandungen, nothwendig. Ein Blick auf das Resultat der Kalisalzimbibition lehrt uns aber sogleich, dass auch chemisch ganz indifferente Körper in das lebende Gewebe einzudringen vermögen, dass also bei dem Einlassen der Flüssigkeiten rein chemische Veränderungen der Membranen, welche die Flüssigkeiten zu passiren haben, nicht nothwendig sind.

Im Widerspruch gegen diese Anschauung, dass das lebende Gewebe sich nicht nach den Gesetzen der Diffusion imbibirt, scheinen auf den ersten Blick die Resultate mit der Quellung in destillirtem Wasser zu stehen.

Hier sehen wir von den ersten Minuten an nach der Einbringung der Gewebe auch schon Flüssigkeit aufgenommen, in einer regelmässig ansteigenden Weise, ganz wie es den Diffusionsvorgängen an todten quellungsfähigen Körpern entspricht.

Wir wissen aber aus früheren Versuchen, dass auch das Wasser eine specifische, giftige Wirkung auf das lebende Gewebe ausübt, die den Act

seiner Aufnahme in dasselbe, wie weiter unten direkt erhellt, auch zu einem vitalen stempelt.

Mit Absicht wird der Ausdruck: Vital an dieser Stelle gebraucht. Wir haben es hier wie bei den Gerlach'schen Versuchen wirklich mit einer activen Gegenwirkung des lebenden Gewebes gegen das Eindringen von Stoffen zu thun, ein Verhalten, das also mit vollstem Rechte die Bezeichnung vital verdient.

Ganz anders als das lebende Nervengewebe verhält sich das abgestorbene. Nach dem erfolgten Absterben sehen wir das Rückenmark in allen zur Imbibition dargebotenen Flüssigkeiten anquellen. Die lebendige Resistenz ist verschwunden und als Zeichen ihres ehemaligen Vorhandenseins sehen wir nur noch eine sehr bedeutende Verschiedenheit in den in 24 Stunden aufgenommenen Flüssigkeitsmengen bestehen.

Weitaus am meisten quillt das Rückenmark in destillirtem Wasser, es erreicht beinahe das Dreifache seines Anfangsgewichtes. Zunächst dem Wasser steht das Chlorkalium, in dem in 24 Stunden das Rückenmark auf das Doppelte seines Anfangsgewichtes anschwillt. Das sauere phosphorsauere Natron und das Chlornatrium sind in ihren Wirkungen etwa gleich, die Rückenmarke nehmen etwa nur um ein Drittel des Anfangsgewichtes zu, im neutralen (etwa alkalisch reagirend) phosphorsaueren Natron sehen wir das Gewicht um zwei Drittel des Anfangsgewichtes wachsen.

Wenn wir die bisher gemachten Erfahrungen über die physiologische Wirkung der auf ihre Imbibition geprüften Flüssigkeiten auf das Nervenleben mit den letztgewonnenen Resultaten vergleichen, so können wir keinen Augenblick zweifelhaft sein, dass zwischen der Imbibition und der Wirkung auf die Erregbarkeit eine einfache Relation besteht:

Wir sehen nur solche Stoffe in den lebenden Nerven aufgenommen, welche seine Lebenseigenschaften rasch mehr weniger stark herabsetzen.

In Säuren, Alkalien, destillirtem Wasser und vor allem in neutralen Kalisalzen sehen wir das Nervenleben sehr rasch erlöschen, diese Stoffe sehen wir auch mehr weniger rasch in den Nerven eintreten.

In neutralen Natronsalzen hält sich das Nervenleben lange unverändert, ungeschwächt, wir sehen, so lange die Lebensenergie statthat, von diesen Stoffen Nichts aufgenommen. Der im vierten Capitel mitgetheilte Quellungsversuch des vertrockneten Nerven in 0,7 % Kochsalzlösung kann auch hier als schönste Illustration der Verhältnisse gelten.

Wie wichtig nach diesen Beobachtungen die chemische, alkalische oder sauere Reaction der Flüssigkeiten wird, welche im lebenden Organismus in das Nervengewebe eindringen sollen, wie hohe Bedeutung der geringe Kaligehalt des Blutserums besitzt, um in den Nerven den Imbibitionsvorgang anzuregen, leuchtet sogleich ein.

In den bisherigen Versuchen wurde nur das Verhalten verschiedener Flüssigkeiten gegen das vollkommen normale Rückenmark frisch geschlachteter Thiere geprüft. Es ist nach dem Gesagten klar, dass sich auch nach den inneren Reactionsveränderungen der Nervensubstanz der Imbibitionsvorgang ändern

muss. Geht die Verminderung der Lebensenergie von Innen heraus, im Gewebe selbst vor sich, wie z. B. bei dem Tetanus, so muss, wenn eine Herabsetzung der Lebensenergie der Grund der Imbibition ist, nun Imbibition stattfinden, wenn auch die dargebotene Flüssigkeit an sich für das Nervengewebe ganz indifferent ist.

Die Versuche am tetanisirten, saueren Rückenmarke des Frosches ergeben das vorhergesagte Resultat deutlich, das schon durch die Veränderung des Wassergehaltes des Rückenmarks im tetanisirten Thiere sich auf das schlagendste gezeigt hat. Während lebende, geruhte Rückenmarke in 1% Kochsalzlösung in 1 hora 45 Minuten nicht nur nicht anquellen, sondern sogar etwas an Gewicht verlieren, sehen wir dagegen lebende, tetanisirte Rückenmarke in derselben Flüssigkeit an Gewicht zunehmen, quellen.

In folgender Tabelle stehen derartige Versuche zusammengestellt.

**Tabelle II.**

Verschiedene Quellung **geruhter** und **tetanisirter** Rückenmarke in 1% Kochsalzlösung.

| Quellungsflüssigkeit und Versuchs-Nummer. | Quellungs-Zeit. | Rückenmarks-Gewicht in Grammen. | Gewichtszunahme. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Absolut. | Procentisch. |
| **I. Versuche mit geruhten Rückenmarken.** | | | | |
| 1. 1% Chlornatriumlösung. | Rückenmark frisch | 0,0821 | — | — |
| | Nach 1 hor. 45′ | 0,0796 | — 0,0045 | — 2,9% |
| 2. 1% Chlornatriumlösung. | Rückenmark frisch | 0,0492 | — | — |
| | Nach 1 hor. 45′ | 0,0469 | — 0,0023 | — 4%*) |
| **II. Versuche mit tetanisirten Rückenmarken.** | | | | |
| 1. 1% Chlornatriumlösung. | Rückenmark frisch | 0,0607 | — | — |
| | Nach 1 hor. 45′ | 0,0620 | + 0,0020 | + 2,1% |
| 2. 1% Chlornatriumlösung. | Rückenmark frisch | 0,0582 | — | — |
| | Nach 1 hor. 45′ | 0,0597 | 0,0045 | + 2,6% |

Der Versuch bestätigt unsere Vermuthung.

Es lassen sich nun die Resultate über Imbibition der lebenden Nervensubstanz in Flüssigkeiten von der etwaigen Concentration der Körpersäfte ganz allgemein so zusammenfassen:

**Imbibitionsgesetz der lebenden Nervensubstanz: Die lebende Nervensubstanz nimmt durch Imbibition nur dann Stoffe in sich auf, wenn ihre Lebensenergie geschwächt ist.**

*) Vergleiche auch Tabelle I dieses Capitels über die Quellung in 1%-Chlornatriumlösung.

**Es ist gleichgültig, ob diese Schwächung der Lebensenergie durch die zur Imbibition dargebotenen, von aussen andringenden Stoffe selbst erzeugt wird (Aufnahme von alkalischen und saueren Flüssigkeiten, von Lösungen von Kalisalzen oder destillirtem Wasser), oder ob innere, physiologische Zustände (z. B. Tetanus = sauere Reaction der Nervensubstanz) die Lebensenergie alteriren.**

Abgesehen von dem Einleiten der Imbibition der Nervensubstanz durch physiologische Reactionsveränderung derselben, lautet das Gesetz vereinfacht:

In die lebende Nervensubstanz dringen durch Imbibition nur Stoffe ein, welche die Energie des Nervenlebens herabsetzen resp. vernichten.

Das »Auswahlvermögen der Zelle« für verschiedene Stoffe reducirt sich also darauf, dass die Zelle vor allem nur ihre Gifte in sich eintreten lässt.

Wir müssen uns diesen Vorgang in der Weise veranschaulichen, dass durch die Erlahmung der Lebensenergie des Inhaltes der Nervenröhren die Poren ihrer Hüllmembranen erst geöffnet werden.

Sind die Gewebsporen einmal geöffnet, so dringen dann sicher auch indifferente Stoffe ein, so lange, bis sich die normale Lebensstärke wieder hergestellt hat.

Ehe wir diese Fragen weiter betrachten, muss noch auf eine eigenthümliche Erscheinung bei der Imbibition der todten Nervensubstanz hingewiesen werden.

Bei längerem Liegen in der Quellungsflüssigkeit verliert die todte Nervensubstanz wieder etwas an Gewicht.

Als Beispiel dafür können z. B. folgende Versuche dienen:

Quellung in 1% Natronsalpeter.

| | frisch: | nach 7 Stunden: | nach 48 Stunden: |
|---|---|---|---|
| Rückenmark 1. | 594 Ct. Grmm. | 671 Ct. Grmm. | 577 Ct. Grmm. |
| » 2. | 565 » | 606 » | 530 » |

Bei den Quellungsversuchen an der lebenden Muskelsubstanz zeigt sich dieses Verhalten regelmässig, die Rückenmarke werden dagegen bei längerem Liegen in der Quellungsflüssigkeit oft so weich, dass sie keine genauen Gewichtsbestimmungen mehr gestatten.

Dieses »Auspressen« von Flüssigkeit ist ein Phänomen, das der längere Zeit abgestorbenen Nervensubstanz wie dem Muskel im Allgemeinen zuzugehören scheint. Wenigstens zeigten sich bei Rückenmarken todter Frösche bei der Imbibition gesetzlose Unregelmässigkeiten, wechselnde Gewichtsab- und -zunahmen, die freilich wenigstens zum Theil auch darauf geschoben werden müssen, dass die Rückenmarksubstanz seit 48 Stunden todter Frösche schon sehr weich (faul) zu sein pflegt, so dass genaue Gewichtsbestimmungen sehr schwer oder kaum auszuführen sind.

Das im Vorstehenden formulirte Gesetz der Flüssigkeitsaufnahme und -abgabe der lebenden Nervensubstanz gewinnt dadurch noch an Bedeutung, dass

es zweifellos auch das Gesetz der Muskelimbibition, vielleicht das aller lebenden Gewebe ist.

Länger schon ist es besonders durch die Imbibitionen an lebenden Muskeln (Tetanus, S. 95—105) erwiesen, dass sich diese ebenso wie der Nerv gegen neutrale Natronsalze vor allem Kochsalz von 0,7—1% verhalten.

Mehrere Tage lang (151 Stunden beobachtet) erhalten sich die Lebenseigenschaften grösserer Froschmuskeln in 0,7% Kochsalzlösung.

Es zeigte sich wie am Nerven, dass der geruhte Muskel in dieser Lösung sein Gewicht nicht wesentlich verändert. S. 101 a. a. O. finden sich zwei Beispiele citirt, in denen nach 151 Stunden Liegen in 0,7% Kochsalzlösung die noch lebenden Muskeln (Gastroknemien) um 3,5—8,5% an Gewicht abgenommen hatten.

Dagegen zeigten die ausgeschnittenen und tetanisirten Muskeln wie die tetanisirten Nerven deutliche und rasche Quellungen in dieser sonst ganz indifferenten Lösung.

Es stehen Reihen von Versuchen zu Gebote, welche das rasche Absterben und Quellen der Muskeln in Kalisalzlösungen und destillirtem Wasser auf das deutlichste zeigen und zugleich die damit verbundene starke Quellung.

Während in neutralen Natronsalzen die Muskelimbibition für lebensstarke Muskeln nur in geringem Maasse oder gar nicht stattfindet, tritt sie wie bei dem Nerven) in schwach-saueren, schwach-alkalischen oder sehr wenig concentrirten Flüssigkeiten sogleich ein, destillirtes Wasser ist ebenso ein heftiges Muskel- wie Nervengift.

Die Verhältnisse am Muskel sind also mit denen am Nerven in Beziehung auf die Imbibition ganz identisch, das Gesetz der Nervenimbibition ist zugleich das Gesetz der Muskelimbibition.

Bei dem (tetanisirten) Muskel ist sogar nachgewiesen, dass, sowie die Lebensenergie des Gewebes sich wieder zu heben beginnt die Imbibitionsaufnahme sistirt, und dass der wieder erstarkte Muskel die überschüssig aufgenommene Flüssigkeitsmenge activ wieder aus sich herauspresst (Tetanus, S. 100), ein schlagender Beweis für die oben gegebene Anschauung.

In folgender Tabelle finden sich für die Muskelimbibition einige Beispiele zusammengestellt, zur Erläuterung des Gesagten*).

In Beziehung auf die Ergebnisse der Vergleichung in der Imbibitionsgrösse lebender und todter, tetanisirter und geruhter Muskeln; über den Einfluss der im Muskel entstehenden oder vorhandenen leicht diffundirenden Zersetzungsprodukte der Muskelsubstanz; über die Wirkung ihrer absoluten Menge auf das Quellungsmaximum; über den Nachweis, dass bei der Quellung = Wasseraufnahme feste Stoffe aus dem lebenden sowie todten Gewebe austreten etc. etc. muss auf die schon oft erwähnte Arbeit: Tetanus, besonders Capitel 2 und 3 hingewiesen werden.

---

*) Die mit * bezeichneten Versuche sind Citate aus Tetanus S. 97 f

## Tabelle III.

### Einige Versuche zur Muskelquellung.

| Versuchs-Nummer. | Quellungs-Zeit. | Muskelgewicht in Grammen. | Gewichtszunahme. Absolut. | Gewichtszunahme. Procentisch. |
|---|---|---|---|---|
| **I. Versuche mit 0,7 % Chlornatriumlösung.** | | | | |
| Versuch 1.* (Gastrocnemius). | 0 | 0,8570 | — | — |
| | 2 hor. | 0,8610 | 0,0040 | 0,3 % |
| Versuch 2.* (Gastr.) | 0 | 0,8860 | — | — |
| | 2 hor. | 0,8912 | 0,0052 | 0,5 % |
| Versuch 3.* (Gastr.) | 0 | 0,9302 | — | — |
| | 27 hor. | 0,9990 | 0,0588 | 7,3 % |
| Versuch 4.* (Gastr.) | 0 | 0,8010 | — | — |
| | 27 hor. | 0,8665 | 0,0655 | 8,1 % |
| **II. Versuch mit 1 % Chlorkaliumlösung.** | | | | |
| Versuch 5. (Sartorius) *). | 0 | 0,1297 | — | — |
| | 1 hor. | 0,1685 | 0,0388 | 30 % |
| | 5 » | 0,2992 | 0,1695 | **136 »!** |
| | 48 » | 0,1716 | 0,0419 | |
| **III. Versuche mit 1 % Natronsalpeter.** | | | | |
| Versuch 6. (Sartorius). | 0 | 0,1329 | — | — |
| | 1 hor. | 0,1575 | 0,0146 | 18 % |
| | 5 » | 0,1365 | 0,0036 | 2 » |
| | 48 » | 0,1135 | — 0,0194 | |
| Versuch 7. (Sartorius). | 0 | 0,1057 | — | — |
| | 1 hor. | 0,1290 | 0,0233 | 22 % |
| | 5 » | 0,1316 | 0,0259 | 24 » |
| | 48 » | 0,1069 | — 0,0012 | |
| **IV. Versuche mit 1 % Kalisalpeter.** | | | | |
| Versuch 8. (Sartorius). | 0 | 0,1388 | — | — |
| | 1 hor. | 0,2175 | 0,0787 | 57 % |
| | 5 » | 0,2938 | 0,1550 | **112 »!** |
| | 48 » | 0,1343 | — 0,0045 | |
| Versuch 9. (Sartorius). | 0 | 0,1004 | — | — |
| | 2 hor. | 0,1590 | 0,0586 | 58 % |
| | 5 » | 0,2205 | 0,1201 | **118 »!** |
| | 48 » | 0,1102 | + 0,0098 | |
| **V. Versuch mit 1 % schwach-alkalischem phosphorsauerem Natron.** | | | | |
| Versuch 10. (Sartorius). | 0 (der Muskel zuckt sehr stark . . . . | 0,1063 | — | — |
| | 1 hor. (todt) . . . | 0,1977 | 0,0914 | 86 % |
| | 6 hor. (stark contrahirt) . . . . . | 0,1516 | 0,0453 | |

*) In allen Versuchen am Sartorius war der Muskel schon vor Ablauf der ersten Stunde in der Quellungsflüssigkeit abgestorben. Daher rühren die höheren Quellungszahlen für die Natronsalze.

| Versuchs-Nummer. | Quellungs-Zeit. | Muskelgewicht in Grammen. | Gewichtszunahme. Absolut. | Gewichtszunahme. Procentisch |
|---|---|---|---|---|
| Fortsetzung des Versuchs 10. | 24 hor. (contrahirt) | 0,1156 | 0,0093 | |
| | 28 » » | 0,1239 | 0,0175 | |
| | 96 » (wieder schlaff, faul) . . . | 0,1456 | 0,0393 | |
| **VI. Versuch mit sauerem 1% phosphorsauerem Natron.** | | | | |
| Versuch 11. (Sartorius). | 0 (der Muskel zuckt sehr stark) . . . . | 0,1088 | — | — |
| | 1 hor. (fast todt) . . | 0,1388 | 0,0300 | 27,5% |
| | 6 » (contrahirt, todt) . . . . . | 0,1292 | 0,0204 | |
| | 24 hor. (contrahirt) | 0,0922 | — 0,0166 | |
| | 48 » » | 0,0911 | — 0,0177 | |
| | 96 » (contrahirt, nicht faul) . . . . | 0,0842 | — 0,0246 | |
| **VII. Versuche mit destillirtem Wasser.** | | | | |
| Versuch 12.* (Gastr.) | 0 | 0,9896 | — | — |
| | 10 Minuten | 1,0978 | 0,1082 | 11% |
| Versuch 13.* (Gastr.) | 0 | 0,8497 | — | — |
| | 10 Minuten | 0,9674 | 0,1187 | 14% |

Nach älteren Versuchen schwankt das Quellungsmaximum der todten Muskeln in 0,7—1% Kochsalzlösung zwischen:

26,1% und 35,2%

für Chlorkalium haben wir dagegen gefunden:

136% Quellungsmaximum!

Während das Quellungsmaximum für Natronsalpeter im Mittel beträgt: 20%

so steigt das Quellungsmaximum für Kalisalpeter im Mittel auf:

115%!

Die Werthe für die Quellung der lebenden Muskelsubstanz sind denen am Nerven gefundenen ebenfalls im Allgemeinen vollkommen analog; ebenso das Verhalten des Muskels gegen die alkalischen und saueren Lösungen der Natronsalze.

Doch ist es sehr auffällig, wie rasch sich im Verhältnisse zum weit dünneren Nerven der Sartorius imbibirt, und wie rasch er den schädlichen Einflüssen der Lösungen unterliegt. Es wurde schon S. 72 darauf hingewiesen, dass das die Ursache ist, warum der Muskel so sehr viel stärker und rascher die Wirkungen der Einspritzung von Lösungen in das Gefässsystem zeigt und ihnen unterliegt, während der weit resistentere Nerve noch gar nicht oder nur äusserst schwach sich durch dieselben Bedingungen alterirt zeigt.

Die Muskeln sterben in der saueren und alkalischen 1% Lösung von phosphorsauerem Natron in einer Stunde ab (siehe Tabelle), während in derselben alkalischen Lösung der Nerve erst nach 6 Stunden, in der saueren erst nach 23—24 Stunden absterb.

Bemerkenswerth ist auch noch die Contraction des todten Muskels

(Auspressen von Flüssigkeit), die in allen geprüften Flüssigkeiten auftrat, die sich erst bei der Fäulniss wieder löste (Wiederanquellen).

Dass auch die lebenden Muskeln bei Hebung ihrer Lebenskraft Wasser »auspressen« ist schon angegeben. Es sind das sicher zwei ganz verschiedene Vorgänge.

Im Anhange zu diesem Capitel wird noch das Verhalten der Darm- und Magenschleimhaut gegen verschiedene Flüssigkeiten dargestellt werden. Es werden sich dort ebenfalls analoge Verhältnisse wie bei Nerv und Muskel zeigen.

Zum Schlusse wollen wir hier noch einmal direkt darauf aufmerksam machen, dass im lebenden, thierischen Organismus mehr weniger immer die Verhältnisse gegeben sind, welche die Gewebe zur Stoffaufnahme und Stoffabgabe bedürfen.

Schon oben wurde auf die alkalische Reaction der Gewebsflüssigkeiten und auf den (geringen) Kaligehalt derselben aufmerksam gemacht. Dazu kommt sicher noch im konkreten Falle die fort und fort durch die Organthätigkeit eintretende Aenderung der chemischen Zusammensetzung der Organe, und die dadurch hervorgerufene Herabsetzung ihrer Lebensenergie. So erklärt es sich, dass ein Gewebe nachdem es gearbeitet einen stärkeren Ernährungsstrom erhält als vorher, dass thätige Organe an Masse zunehmen.

So verstehen wir, wie nach der (starken) Nahrungsaufnahme eine Ermüdung der Muskeln und Nerven eintreten muss. Die dem Blute und von ihm aus den Organen mit einemmal zugeführten ermüdenden Stoffe (besonders Kalisalze) aus der Nahrung, versetzen die Muskeln und Nerven von aussen her in den Zustand der Ermüdung, aber nun finden die Ernährungsstoffe einen leicht geöffneten Weg, um in die Gewebe einzudringen. Man könnte den Satz aussprechen: dass (vor allem) nur ermüdete Gewebe ernährt werden. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass dieselben Momente, welche in gesteigertem Maasse während der Ermüdung den Säftestrom in die Gewebe leiten, theilweise auch während der Ruhe aber freilich in geringerer Stärke thätig sind.

Nach den eben gegebenen Darstellungen tritt die eigentliche (anorganische) Imbibition, gegründet auf die allgemeinen Gesetze der Hydrodiffusion, im lebenden Gewebe vielleicht niemals rein auf. Der Vorgang der Stoffaufnahme und Stoffabgabe der lebenden Gewebe ist ein activer, im letzten Grunde auf den Lebenseigenschaften der Gewebe beruhend.

Bei der Muskelzelle (dem Muskelschlauche), sowie bei allen Zellen, denen eine vitale Contractilität zukommt, kann man sich schematisch den Porenverschluss, der während des ungestörten Lebens die Diffusion hindert, etwa so veranschaulichen, dass man ein beständiges Contractionsbestreben, eine beständige leichte Contraction (Tonus) der Zell-Inhaltsmassen annimmt. Da diese mit den Zellmembranen untrennbar vereinigt sind, so muss die innere Wand der elastischen Membran eine gewisse Zusammenziehung, eine Contraction erleiden. Nehmen wir nun Poren an, welche die Membranen z. B. röhrenförmig senkrecht durchsetzen, so müssen diese durch den von Innen auf die Wand ausgeübten Zug trichterförmig gestaltet resp. nach innen verschlossen werden. Wird nun die Lebensenergie der Zelle gelähmt, so hört dieser Zug auf

die Innenwand der Membranen mehr weniger auf, die Poren öffnen sich und Flüssigkeiten können in die Zelle eintreten. Diese Eröffnung wird so lange anhalten, bis die Poren in der durch gesteigerten Druck der immer mehr anwachsenden Zellinhaltsmasse von innen her gespannten Membran in umgekehrter Richtung geschlossen werden. Es würde sich daraus ergeben, dass das Imbibitionsmaximum einer Zelle verschieden sein könnte für verschiedene Stoffe, jenachdem die Elasticität der Zellwand durch diese Stoffe beeinträchtigt wird. Dass die Elasticität der Gewebsmembranen durch verschiedene Stoffe in verschiedener Weise alterirt werden kann, geht aus anderweitigen Versuchen hervor; es ergibt diese Hypothese für die verschiedenen Imbibitionsmaxima in verschiedenen Flüssigkeiten wenigstens einen plausiblen Anhaltspunkt für unsere Gedanken, und es ist bisher, soviel uns bekannt, noch keine oder wenigstens noch keine wahrscheinlichere Erklärungshypothese dafür aufgestellt worden.

Die im Vorstehenden entwickelte Anschauung über den Stoffverkehr der lebenden Gewebe vereinigt sich vollkommen mit den Beobachtungen Gerlach's über die Farbstoffaufnahme der Gewebe. Er zeigte, wie wir wissen, mit aller Bestimmtheit, dass sich lebende Gewebe in schwachen (nicht giftig wirkenden Carmin-Farbstofflösungen nicht imbibiren, dass lebende Organismen darin sogar ganz ungestört leben können. Erst wenn die Gewebe abgestorben, beginnt die Färbung.

Wir haben hier also genau die gleiche vitale Reaction der lebenden Gewebe gegen unschädliche Stoffe, wie wir sie vorhin erkannt haben.

In den Untersuchungen der letzten Capitel wird sich ergeben, wie hinderlich sich diese Lebenseigenschaft der Erforschung der Stoffvorgänge in der Zelle entgegensetzt. Diese vitale Resistenz der Gewebe, welche Gerlach entdeckte, wurde von dem Einen von uns gegen wenig-differente Farbstofflösungen in der mannigfachsten Weise erprobt. Alle Versuche lehrten, dass wirklich die lebensstarke Zelle keine indifferenten Stoffe in sich hereintreten lässt. Gerade die Unmöglichkeit der Färbung beweist das mit aller Sicherheit, da jedes Minimum eines aufgenommenen Farbstoffpartikelchens hier sich hätte müssen erkennen lassen. Die bekannte Giftigkeit des Anilins ist der Grund, warum seine Lösungen sogleich (frei) in die lebenden Gewebe eintreten.

---

# Anhang.

## Filtrationsversuche mit lebenden und todten Schleimhäuten, mit Rücksicht auf den Choleraprocess und die Verdauung.

Vom **Verfasser** und **J. Halenke**, st. med.

### §. 1. Resultate.

Ganz entsprechende Resultate wie die Quellungsversuche mit Nerv und Muskel ergeben auch die Filtrationsversuche mit lebenden und abgestorbenen Schleimhäuten.

Die Filtration durch Membranen beruht selbstverständlich in ihrem letzten

Grunde ebenfalls auf Imbibition. Wenn die Häute die zur Filtration dargebotenen Flüssigkeiten nicht in sich eindringen lassen, wenn sie sich in ihnen, mit anderen Worten, nicht imbibiren, so wird auch ein Durchtritt unmöglich sein.

Die Filtration unterscheidet sich also von der Imbibition im Grunde nur dadurch, dass die Flüssigkeiten noch mit einem gewissen Gewichte auf den Häuten lasten, welche sie passiren sollen, dass also das Eindringen in dieselben durch die Mitwirkung der Schwere noch entsprechend begünstigt wird.

Die Filtrationsversuche versprechen uns also Aufschlüsse ebenso wohl über die physiologischen Stoffaufnahmsvorgänge im Verdauungskanale, die ja auch vermöge der Darmrohrcontraction unter einem positiven Filtrationsdrucke stattfinden, als auch über den Grund der Flüssigkeitsausscheidungen in den Darm. Sie wurden begonnen mit der Absicht, eine Anschauung zu gewinnen vornehmlich über die Flüssigkeitsausscheidungen in den Darm bei Cholera. Sie ergeben aber im Zusammenhalt mit den Ergebnissen des letztvorstehenden Capitels allgemeine physiologische Gesichspunkte.

Die Resultate, welche die Versuche ergaben, sind kurz folgende:

1. Das lebende Epithel der Verdauungsschleimhäute (Darm- und Magenschleimhaut) gestattet physiologisch-indifferenten Flüssigkeiten die Filtration nicht: 1% Chlornatriumlösung, Brunnenwasser, 1% neutrale Kalisalze scheinen gegen die Darmepithelien ganz indifferent.

2. Dagegen filtriren durch die frischen Epithelien: schwach sauere und schwach alkalische Flüssigkeiten sowie destillirtes Wasser (1% saueres schwefelsaueres Natron, 1% einfach-kohlensaures Natron, 1 pro mille Salzsäure).

3. Starke Säuren (1%) filtriren nicht durch frische oder todte Schleimhäute.

4. Die Filtration findet dagegen bei lebenden Membranen und indifferenten Flüssigkeiten statt: *a*) wenn die Epithellage von der Schleimhaut abgeschabt ist, *b*) wenn sich Läsionen der Schleimhaut gebildet haben.

Diese Versuche beweisen, dass es allein auf die Anwesenheit oder Abwesenheit der lebenden Epithelzellen ankommt, wenn eine Membran indifferente Lösungen filtrirt oder nicht filtrirt.

5. Die längere Zeit todten Membranen resp. die todten Epithelien filtriren mit grosser Leichtigkeit.

Es ergeben demnach diese Versuche mit aller Bestimmtheit für unsere allgemeinen Anschauungen:

1. **Der Vorgang der Stoff = Flüssigkeitsaufnahme im Darm findet nicht, wie bisher allgemein angenommen wurde, einfach nach den Gesetzen der Endosmose statt.** Es besteht eine vitale Resistenz der Epithelien gegen das Eindringen physiologisch-indifferenter Stoffe, bei unverletztem Epithel passiren nur solche Flüssigkeiten die Darmschleimhaut, welche eine physiologisch verändernde Wirkung auf dieselbe ausüben. Dieselben Stoffe, welche Nerv und Muskel rasch abtödten: destillirtes Wasser, schwache Säuren, Alkalien dringen wie in die genannten Organe so auch in die Darmschleimhaut ein resp. durch sie hindurch.

Auffallender Weise scheint die Darmschleimhaut gegen (1%) neutrale Kalisalze unempfindlich.

Es leuchtet auf den ersten Blick ein, dass die schwach saucre Reaction des Mageninhaltes und die alkalische Reaction des Darminhaltes sonach in wesentlichster Weise sich an der Stoffaufnahme in den lebenden Darm betheiligen. Es passiren die Nahrungsstoffe also vor allem dieser Reaction wegen die Darmschleimhaut.

So wie die saucre Reaction der Filtrationsflüssigkeit etwas stärker anwächst, sehen wir die Filtration nicht mehr stattfinden, ganz analog der alten Erfahrung der Aerzte, dass zu starke Säureanhäufung im Magen die Stoffaufnahme aus demselben unterdrückt.

II. In Beziehung auf die Flüssigkeitsabgabe in den Darm beweisen die Versuche die ältere Vermuthung der Aerzte, dass der Mangel oder der Tod der Epithelien der Darmschleimhäute, wie z. B. in der Cholera, als hauptsächlichstes ursächliches Moment für die Flüssigkeitsabgabe anzusehen sei.

## §. 2. Versuche.

Nach der Darstellung der Hauptresultate soll nur noch in Kürze eine Anzahl von Versuchsbeispielen zum Beweise der angegebenen Resultate folgen.

Die Versuchsmethode war folgende:

In den ersten Versuchen wurde die Schleimhaut nur auf $1\frac{1}{2}$ Fuss lange Trichterröhren von Glas mit möglichster Schonung aufgebunden.

Das Einschneiden des Fadens, vor allem aber die starke Ausbuchtung der Membran und damit die verschiedene Grösse der Filtrationsfläche veranlassen die Verwendung eigens zu diesem Zwecke angefertigter Filtrirapparate.

Die Filtrirapparate bestehen aus festen Glasröhren von 2 Fuss Länge, die an ihrem einen Ende offen, an dem anderen mit Messinghähnen von folgender Construction verschliessbar sind.

An jede der Röhren ist eine Schraubenmutter angekittet, die im Messing eine unter der Glasröhrenöffnung befindliche kreisrunde Oeffnung besitzt von 1 CM. Durchmesser. Auf diese Oeffnung wurde das Membranstückchen gehörig zugeschnitten aufgelegt. Um es zu befestigen wurde nun ein Messingring auf die Membran gelegt, ebenfalls mit einer Oeffnung von 1 CM. Durch zwei vorspringende Ansätze, welche in Ausschnitte des Schraubenmutterrandes einpassten, wurde der Ring unbeweglich erhalten und schützte so ruhig liegend die Membran vor allen Bewegungen, während in die Mutter das ebenfalls central mit einer 1 CM. weiten Oeffnung versehene Verschlussstück fest aufgeschraubt wurde.

Die Membran wurde so möglichst wenig alterirt, die Filtrationsfläche war stets möglichst gleich, ebenso der Filtrationsdruck. Eine geringe Ausbuchtung der Membran trat dabei jedoch stets ein.

Die Röhren wurden in Stative aufgestellt und nun mit der Filtrationsflüssigkeit möglichst vorsichtig angefüllt. Unter den Röhren stand je ein Glas, um die filtrirte Flüssigkeit aufzufangen. Ein feuchter Papierpfropf oben auf die

Röhre gelegt sollte die Verdunstung möglichst hindern. Es wurde jedoch darauf schliesslich nur noch wenig Werth gelegt, da sich sehr bald ergab, dass die Versuche für quantitativ vergleichbare Werthe viel zu grosse Schwankungen in der Filtrationsgrösse nach der Hautdicke und anderen unbekannten Ursachen ergaben. So konnten sie also vor allem nur eine Vergleichung geben, ob eine Flüssigkeit überhaupt filtrirte oder nicht. Das war der Grund, warum später von der Rücksicht auf die Verdunstung ganz abgesehen wurde.

Die Membranen wurden, um den Einfluss der Epithelien zu prüfen, einmal mit der Epithellage nach Innen, sodass die Flüssigkeitsschichten auf der Epithellage lastete, »aufgebunden«, das andere Mal mit der Epithellage nach aussen.

Es zeigte sich nun, dass die Schleimhäute bei der letztgenannten Aufbindungsweise stets und alle Flüssigkeiten filtrirten.

Der Grund dafür ergab sich sogleich. Betrachtet man eine solche Schleimhautfläche, nachdem die Flüssigkeitsschicht aufgelagert ist, von aussen, so sieht man bald an vereinzelten Punkten kleine Tröpfchen hervortreten, die allmählig an Grösse zunehmen. Die übrigen Schleimhautstellen sind dann noch ganz unbefeuchtet. Nach und nach fliessen die Tropfen zusammen und befeuchten die ganze Membran, schliesslich fällt ein Tropfen nach dem anderen ab.

Der Augenschein ergibt also mit Sicherheit, dass das Durchtreten der Flüssigkeit nur an einzelnen Stellen eintritt, wo das Epithel offenbar verletzt ist. Diese Verletzung rührt hauptsächlich von der Ausbuchtung der Membran her, welche durch den Filtrationsdruck erfolgt. Die nach aussen gelegene Epithellage, wird bei der wachsenden kugeligen Ausbuchtung immer mehr gespannt werden und endlich an einzelnen Stellen einreissen, sich spalten, sodass dann auch an primär ganz unversehrten Membranen Verletzungen eintreten.

Gerade umgekehrt ist das Verhältniss bei der Schleimhautoberflächenlage nach Innen. Hier werden durch den Filtrationsdruck die einzelnen Epithelien nicht auseinander gezerrt, sondern, wie eine einfache Ueberlegung lehrt, zusammengepresst. Der Erfolg muss der sein, dass auch etwaige kleine Läsionen der Epithellage dagurch verschlossen werden. In keinem der angestellten Versuche konnte daher eine Filtration indifferenter Lösungen durch die lebende Epithelmembran in dieser Richtung beobachtet werden.

## Versuchsbeispiele.

### I. Reihe.

### I. Die lebende Membran und 1% Kochsalzlösung.

#### Versuch 1.

Frischer, warmer Schweinemagen. Schleimhaut rasch abpräparirt.

Nach 5 Stunden:

*a*) Rothes Schleimhautstück, Schleimhautoberfläche innen: die Haut äusserlich ganz trocken, filtrirt nicht.

*b*) Rothes Schleimhautstück, Schleimhautoberfläche aussen: die Flüssigkeit in

der Röhre ist um 1,0 CM. gefallen, Schleimhaut aussen nass, tropft hie und da. Anfänglich, etwa nach 1 Chor., bildeten sich zuerst an einzelnen Stellen an der Haut kleine Tröpfchen, die Haut hatte dort kleine Läsionen, aus denen die Flüssigkeit hervorkam.

Nach 28 Stunden:

a) Die Schleimhautoberfläche innen. Haut aussen ganz trocken. [illegible] filtrirt.

b) Schleimhautoberfläche aussen, die Haut aussen nass. [illegible] 6,5 CM.

Versuch 2.

Derselbe frische, warme Schweinemagen. Schleimhaut [illegible] lebende Magenschleimhaut). Weisses Schleimhautstück verwendet.

Nach 5 Stunden:

a) Die Schleimhautoberfläche innen, die Haut aussen ganz trocken. [illegible] filtrirt nicht.

b) Die Schleimhautoberfläche aussen, die Hautoberfläche ist [illegible] Zeit zu Zeit, Flüssigkeitssäule gesunken um 1,7 CM.

Nach 28 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen, die Haut ist aussen trocken [illegible]

b) Schleimhautoberfläche aussen, die Haut ist feucht, [illegible] sunken um 7,8 CM.

Die beiden Versuche lehren, dass [illegible] Epithelien nicht zu dringen vermag, obwohl sie die [illegible] leicht durchdringt.

Auch nach längerer Zeit in manchen Versuchen [illegible] werden die lebend aufgebundenen Epithelien nicht [illegible].

## II. Destillirtes Wasser und die lebende Wandung.

Versuch 3.

[illegible] Schleimhaut wie in beiden [illegible]

Nach 5 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen, die Haut [illegible] schwach, die Wassersäule gefallen um [illegible] CM.

b) Schleimhautoberfläche aussen [illegible] 0,4 CM.

Nach 28 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen, [illegible] aussen [illegible] CM.

b) Schleimhautoberfläche aussen, [illegible] CM.

## III. Derselbe Haut durch leichtes Schaben vom Epithel befreien. [illegible]

Versuch 4.

Nach [illegible] Stunden:

a) [illegible] innen, die Haut [illegible]

b) [illegible] aussen [illegible]

Nach 28 Stunden:

*a*) Schleimhautoberfläche innen: die Haut ist nass, ein Tropfen hängt daran, sie filtrirt also etwas, gesunken um 3,2 CM.

*b*) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt stark, gesunken um 18 CM.

### IV. Dieselbe Haut 33 Stunden todt. Mit 1% Kochsalzlösung.

Versuche 5 und 6.

Nach 4 Stunden:

Vier Röhren mit 1% Chlornatriumlösung, sie filtriren alle, alle vier haben aussen Tropfen.

1. *a* u. *b*) Schleimhautoberfläche innen: die Feuchtigkeitssäule gefallen um 0,8 und 1,4 CM.

2. *c* u. *d*) Schleimhautoberfläche aussen: Feuchtigkeitssäule gefallen um 3,8 und 2,5 CM.

Das Filtriren geht also bei der todten Haut viel rascher als bei der lebenden in beiden Richtungen, immerhin geht es nach der einen Richtung auch jetzt noch langsamer als nach der anderen.

Nach 23 Stunden:

Alle 4 filtriren, alle tropfen. Die Wassersäule ist gefallen in

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *a*) | Schleimhautoberfläche | innen | um | 3,0 CM. |
| *b*) | » | » | » | 5,0 » |
| *c*) | » | aussen | » | 16,7 » |
| *d*) | » | » | » | 12,3 » |

Nach 66 Stunden:

Alle 4 filtriren, tropfen. Wassersäule gefallen in

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *a*) | Schleimhautoberfläche | innen | um | 6,2 CM. |
| *b*) | » | » | » | 25,0 » |
| *c*) | » | aussen | » | 10,5 » |
| *d*) | » | » | » | 22,2 » |

### V. Dieselbe Schleimhaut 3 Tage todt, feucht, kalt gelegen, nicht faul, mit 1% Kochsalzlösung.

Versuche 7, 8 und 9.

Drei (*a*, *b*, *c*) Schleimhäute die Oberfläche aussen.

Drei (*d*, *e*, *f*) Schleimhäute die Oberfläche innen.

Alle 6 filtriren gleichstark, tropfen, der Schleim und die Epithelien hindern also nicht mehr nach dem Erlöschen des Lebens.

Nach 24 Stunden:

1. Schleimhautoberfläche aussen:

| | | |
|---|---|---|
| *a*) | gefallen um . . . | 6,3 CM. |
| *b*) | » » . . . | 7,7 » |
| *c*) | » » . . . | 5,0 » |
| | im Mittel um . . . | **6,0** CM. |

2. Schleimhautoberfläche innen:

| | | |
|---|---|---|
| *d*) | gefallen um . . . | 4,0 CM. |
| *e*) | » » . . . | 4,5 » |
| *f*) | » » . . . | 8,0 » |
| | im Mittel um . . . | **5,3** CM. |

Die hier mitgetheilten 9 Beispiele aus grossen Versuchs-Reihen beleuchten das einleitend Gesagte deutlich.

Die ersten beiden Versuche zeigten die Resistenz der lebenden = frischen Epithelien gegen das Durchdringen der physiologisch unwirksamen Lösungen = 1% Kochsalzlösung, während sie gleichzeitig lehren, dass der Schleimhaut an sich, abgesehen von dem Epithel, eine derartige Resistenz nicht zukommt.

Der Versuch 2 zeigt, dass destillirtes Wasser, wenn auch in geringer Menge doch in die lebensfrischen Epithelien ein und durch sie hindurch zu dringen vermag. Es deutet das darauf hin, dass die Epithelzellen ebenso wie Nerve und Muskel dem tödtenden Einflusse des destillirten Wassers widerstehen können, es verhält sich die frische Membran dem destillirten Wasser gegenüber ebenso wie die todte Membran, die todten Epithelien gegenüber den differenten Lösungen.

Versuch 4 zeigt wie der frischen Haut durch Abschaben der Epithelien die Filtrationsfähigkeit ertheilt werden kann. So wie die Epithellage entfernt ist, lässt die Membran auch indifferente Stoffe durch sich dringen. Wie schon oben angedeutet erscheint diese Beobachtung für die Erklärung der serösen Ergüsse in den Darm z. B. bei Cholera sehr wichtig. In dem Mangel dem Tode des Epithels liegt der Grund, warum die Darmschleimhaut die durchtränkenden Flüssigkeiten aus Blut und Lymphe stammend nicht mehr in sich zurückzuhalten vermag. Ein grosser Theil der Flüssigkeiten gelangt an freie Oberfläche des Darmlumens und wird von da aus aus dem Körper entfernt.

Es wirft diese Beobachtung über die physiologische Bedeutung des Darmepithels ein Licht auch auf den Nutzen der Epithelien für die anderen Theile die solche besitzen.

Wir haben in den Epithelien (und der Epidermis) der freien Oberfläche vor allem Verschlussorgane, Ventile vor uns, welche das Aussickern aus dem Innern der Organe befindlichen Flüssigkeiten entweder absolut oder grössten Theile hindert. Sowie diese Zellenlage entfernt oder in ihren Schutzeigenschaften sehr alterirt, getödtet ist, so sehen wir seröse Ergüsse auf freie Oberfläche erfolgen, z. B. die Brandblasenflüssigkeit, die Wundsecrete, die serösen Darmentleerungen, die serösen Nierenausscheidungen Ergüsse nen), mehr als wahrscheinlich auch die übrigen serösen Ergüsse in die Körperhöhlen.

Die Versuche 5—9 beweisen, dass das Absterben die lebendige Resistenz der Epithelien gegen indifferente Flüssigkeiten (nach 3 Tagen kommen vernichtet. Es zeigt sich, dass eine vollkommene Verwesung ziemlich spät eintritt, noch nach 33 Stunden sehen wir eine Anordnung ben bestehen, die Epithelien hindern immer noch zum Theil den Durchtritt.

## Versuchsbeispiele.

### II. Reihe.

**I. Die lebensfrische Schleimhaut vom Kalbsdarm mit 1% Kochsalzlösung.**

Versuch 10.

Nach 5 Stunden:

*a*) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt nicht, aussen trocken.
*b*) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt stark, tropft, gefallen um 18 CM.

Nach 23 Stunden:

*a*) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt nicht, aussen trocken.
*b*) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt stark, gefallen um 26 CM.

**II. Dieselbe lebensfrische Membran und 1% Chlorkaliumlösung.**

Versuch 11 und 12.

Nach 5 Stunden:
Schleimhautoberfläche innen:
*a*) filtrirt nicht, aussen trocken,
*b*) » » » »
Schleimhautoberfläche aussen:
*c*) filtrirt, tropft, gefallen um 4,6 CM.
*d*) » » » » 9,7 »

Nach 23 Stunden:
Schleimhautoberfläche innen:
*a*) filtrirt nicht, aussen trocken,
*b*) » » » »
Schleimhautoberfläche aussen:
*c*) filtrirt, tropft, gefallen um 14 CM.
*d*) » » » » 21 »

---

Die Versuche 10 — 12 zeigen, dass sich Chlorkalium von 1% gegen die Darmschleimhaut nicht anders verhält als 1% Kochsalzlösung.

Derartiger Versuche steht eine grössere Anzahl zu Gebote, da das Resultat ganz unerwartet kam, bei der starken Einwirkung, welche die Kalisalze auf die Imbibition des Muskeln und Nerven ausüben. Es ist bei derartigen Versuchen stets nöthig, vergleichend an ein und derselben Membran zu Werke zu gehen, es sind sonst grobe Irrthümer möglich. Bei der Magenschleimhaut nicht, wohl aber bei der Darmschleimhaut besonders des Kalbes bemerkt man hie und da, dass sie, obwohl lebensfrisch, doch indifferente Flüssigkeiten durch sich hindurchtreten lassen. Es rührt das daher, wie mikroskopisch nachgewiesen wurde, dass die Därme der Schlachtthiere, da diese gewöhnlich in der Verdauung geschlachtet werden, ihres Epithelüberzuges mehr weniger beraubt sind.

Bei frischen Kalbsdärmen findet man die Zotten meist epithelfrei, nackt, was selbstverständlich auf den Filtrationsvorgang von sehr bedeutendem Einfluss sein muss. Wenn dieses theilweise Abstossen der Epithelien bei der Verdauung (beim Kalbe) kein Leichenphänomen ist, so leuchtet ein, wie wichtig

es für die Lehre von der Stoffaufnahme aus dem Darm bei der Verdauung und Resorption sein würde. Der folgende Versuch bringt ein derartiges Beispiel.

### III. Lebender, epithelfreier Kalbsdarm mit 1% Kochsalzlösung.

Versuch 13.

Darm vom Kalb, frisch, reichlicher, dünn breiig- flüssiger Inhalt, die Zotten meist nackt.

Nach 5 Stunden:

*a*) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt sehr langsam, anfänglich = 0 gefallen um 1,5 C. M.

*b*) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt sehr stark und rasch, gefallen um 25 CM.

Nach 22 Stunden:

*a*) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt schwach, um 9 CM. gefallen.

*b*) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt sehr stark, Röhre leer bis auf einige Tropfen.

---

Natürlich darf man sich durch derartige Ausnahmen in Beziehung z. B. auf die Kalilösung nicht täuschen lassen, durch derartig durchgängige, weil theilweise epithelfreie, Membranen filtrirt selbstverständlich auch 1% Kalilösung.

Von anderen Versuchen müssen wir nur noch als besonders wichtig Versuche mit 1 pro mille Salzsäure in 1% Kochsalzlösung (Analogon des Magensaftes) und mit alkalischen Lösungen an der Magenschleimhaut angestellt erwähnen. Beide filtriren durch die frischen Epithelien, letztere etwas lebhafter Bei der 1 pro mille Salzsäure ist die Membran stark gequollen, im halbverdauten Zustand, jedenfalls scheint die »Verdauung« = Entfernung der Epithelien bei dem Durchdringen der Membran durch 1 pro mille Salzsäure eine hervorragende Rolle zu spielen. Die Versuche mit alkalischen Flüssigkeiten sprechen für die Wichtigkeit der alkalischen Reaction der Verdauungssäfte in Beziehung auf die Resorption.

### IV. Lebende Magenschleimhaut mit 1 pro mille Salzsäure in 1% Kochsalzlösung.

Versuch 14.

Mit 1% Kochsalzlösung.

Nach 24 Stunden:

*a*) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt nicht, Haut aussen ganz trocken

*b*) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt, tropft, gefallen um 3,5 CM.

Versuch 15.

Dieselbe (weisse) Membran mit 1 pro mille Salzsäure.

Nach 20 Stunden:

*a*) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt, gefallen um 11,0 CM.

*b*) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt, gefallen um 28,5 CM.

Anfänglich nach 4 Stunden war die Filtrationsgeschwindigkeit ganz gleich die Unterschiede traten erst später hervor.

Versuch 16.

Mit 1% alkalischen, einfach kohlensaurem Natron.

Nach 24 Stunden:

*a*) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt, gefallen um 5,5 CM.

*b*) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt, gefallen um 8 CM.

Es zeigte sich ein leichtes Uebergewicht auf Seite der Röhre mit Schleimhaut aussen, beide tropfen.

Die Versuche haben ausser der angegebenen noch eine weitere Bedeutung. Mattenici und Cima (cf. Berliner physik. Jahresbericht für 1845 l. c.) haben angegeben, dass sich die lebenden Membranen bezüglich der Diffusion verschieden verhalten, je nachdem man die äussere (Epithelseite) oder innere Hautfläche in dem Diffusionsrohr nach innen oder aussen befestigt.

Die vorstehenden Versuche erweisen die Möglichkeit oder vielmehr das Vorhandensein derartiger bisher bezweifelter Unterschiede, wie sie von den genannten Autoren angegeben wurden.

---

# Capitel VI.

## Einwirkung von Gasen auf die Nervenerregbarkeit.

### §. 1. Kohlensäure, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Leuchtgas.

Durch G. v. Liebig's oben erwähnte Untersuchungen ist es bekannt, dass die Kohlensäure ein heftiges Muskelgift ist, in einer Kohlensäureatmosphäre stirbt der Muskel rasch ab.

Meine Untersuchungen (Tetanus S. 372 ff.) ergaben, dass sich die Kohlensäure auch als ein heftiges Gift für die Nervencentralorgane erweise, die mit Kohlensäure in Berührung (durch Einspritzen von kohlensäurehaltiger 0,7% Kochsalzlösung in die Gefässe) sehr rasch ihre Erregbarkeit vollkommen verlieren.

Auch auf die peripherischen Nerven fand ich dort eine constante Einwirkung der Kohlensäure. Stets zeigte es sich, dass die Nervenerregbarkeit bei der Berührung mit grösseren Kohlensäuremengen sogleich zu sinken begann, vollkommen zu Verlust ging dagegen die Erregbarkeit der peripherischen Nerven während keines der angestellten Versuche.

Es zeigte die Kohlensäure sonach ein anderes Verhalten als die »ermüdenden Stoffe« Milchsäure und sauere phosphorsauere Alkalien und die neutralen Kalisalze, deren primäre Wirkung sich zuerst als eine Erhöhung der Erregbarkeit darstellt.

Es musste wünschenswerth erscheinen, für die Beurtheilung der Nervenermüdung die Kohlensäurewirkung einer erneuten Prüfung zu unterwerfen. Es ist das um so nothwendiger, da es nun feststeht, dass das Nervenleben mit

einer Kohlensäureproduction Hand in Hand geht, der wir natürlich einen Einfluss auf die Lebenserscheinungen im Nerven zuschreiben müssen.

Die Methode der Prüfung der Gaswirkungen bestand in einem direkten Zusammenbringen des ausgeschnittenen Froschnerven mit dem auf seine Wirkung zu prüfenden Gase, während gleichzeitig der Muskel, der zur Probe auf die Erregbarkeit des Nerven an diesem erhalten war, vor der Einwirkung des Gases geschützt blieb.

Dazu diente eine sehr einfache Gaskammer.

Sie bestand aus einem ziemlich weiten, gut durchsichtigen Glasrohre, das oben und unten mit Siegellack und Kork verschlossen war. Beide Korke waren mit engen Glasröhrchen durchbohrt, von denen das am oberen Ende des Apparates nur bis durch den Kork drang, das andere aber bis über die Hälfte in den Innen-Raum des Apparates frei hereinragte. Der obere Kork konnte beliebig entfernt und wieder eingesetzt und luftdicht eingekittet werden. Er war weiter noch von zwei dickeren Platindrähten durchbohrt, welche im Inneren des Apparates hakenförmig gekrümmt, aussen dagegen mittelst Klemmschrauben und Kupferdrähten mit dem Schlüssel des Magnetelectromotors verbunden waren. — In den Apparat wurde gasfreie Kochsalzlösung von 1% gefüllt so weit, dass die Mündung des oben beschriebenen, den unteren Kork durchsetzenden Glasröhrchens noch aus der Flüssigkeit hervorragte. Es kann bei derartigen Versuchen kein ganz geschlossener Apparat mit einem abgeschlossenen Gasvolumen Anwendung finden, da, wie sich unten sogleich zeigen wird, die von den geprüften Geweben entwickelte Kohlensäure den Versuch in wesentlichster Weise stören würde. Daher wurde diese umständlichere Methode mit fortwährender Gaseinleitung gewählt.

An dem Gastrocnemius des Nervmuskelpräparates wurden die Kniknochen, an dem oberen Ende des Ischiadicus ein Stückchen Rückgrat entfernten. An die Sehne des Gastrocnemius wurde ein Gewichtchen von 5 Grm. befestigt. Um die Knieknochen war ein Faden geschlungen, der an einen Platinelectroden in solcher Länge befestigt wurde, dass der Muskel an Eintrittsstelle des Nerven noch unter das Kochsalz tauchte. Der übrige Nerv lief frei durch den Gasraum des Apparates, das Nervenende lag über den Electroden unveränderlich gedrückt.

Als Mass der Erregbarkeit diente wieder der Rollenabstand bei der eben wahrnehmbaren Minimalzuckung.

Der Apparat das untere Röhrchen wurde mit dem Gasentbindungsapparat verbunden und so Gas in den Gasraum eingeleitet und dieser ganz damit erfüllt.

Anfänglich war beabsichtigt, den Muskel vor dem Eindringen der Gase die schützende Flüssigkeit regelmässig durch eine Oelschichte noch weiter zu zuschliessen. Es zeigte sich diese Vorsicht jedoch unnöthig; sogar bei Ammoniak traten niemals Nebenwirkungen auf den Muskel Muskelzuckungen obwohl doch hier die Gefahr am nächsten gelegen hätte. Es wurde also einem weiteren Schutz des Muskels Abstand genommen.

Das Weitere ergeben die im Folgenden mitgetheilten Versuche selbst.

Hier stehe zur Veranschaulichung der beobachteten Verhältnisse sogleich ein vollständiges Versuchsprotocoll.

## I. Wechselversuch
mit
**Kohlensäure und Luft.**

| Zeit. | Rollenabstand = Erregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 11 hor. 45′ | 345 | Nerve frisch in Luft. |
| 48′ | 347 | |
| 49,5′ | **305** | Es wurde feuchte gewaschene Kohlensäure eingeleitet; |
| 50′ | 284 | die Erregbarkeit nimmt sogleich ab. Es erfolgt bei dem |
| 52′ | 262 | Vorschieben der Rolle an einer Stelle eine einzige Minimal- |
| 54′ | 254 | zuckung, die Erregbarkeit sinkt aber sogleich weiter, von |
| 55′ | 254 | 28,4 M. M. an wurde das Sinken der Erregbarkeit langsamer. |
| | | Auf 25,4 M. M. blieb die Erregbarkeit mehrere Minuten |
| | | stehen, ohne tiefer zu sinken. |
| | **284** | Es wurde nun feuchte Luft = Sauerstoff eingeleitet, die |
| | 283 | Erregbarkeit steigt momentan. Dann sinkt sie bei weiterem |
| | 245 | starken Lufteinsaugen (Abkühlung?) wieder etwas (es trat |
| | 270 | diese Erscheinung bei allen angestellten Versuchen ein), |
| | 285 | um sich dann wieder bis zur primären Erregbarkeitshöhe zu |
| 12 hor. 3′ | 340 | heben. |
| 5′ | 325 | |
| 6′ | 230 | Bei der Erholung kehrt dasselbe Phänomen wie oben bei |
| | 330 | der Erregbarkeitsherabsetzung durch Kohlensäure ein, es |
| | | versagt der Nerve zuerst ungemein rasch auf 1—3 Reize, er |
| | | wird rascher unerregbar als im Normalzustande. |
| | 330 | Nun wird weiter Luft eingesaugt, der Nerve zuckt nun |
| | 335 | auf 33,0 nicht mehr einmal sondern fort und fort bei jeder |
| | 340 | versuchten Reizung (5 mal geprüft), und zwar bei den folgen- |
| 12 hor. 17′ | 340 | den Malen stärker als zuerst. Die Erregbarkeit steigt nun |
| | | weiter. Neue Luft eingeleitet. |
| | **335** | Zweite Kohlensäureeinleitung. Die eigenthüm- |
| 18′ | 346 | liche Bewegungsschwäche tritt wieder auf. |
| 21′ | 275 | |
| | 259 | |
| | 234 | |
| 23′ | 229 | |
| | 222 | |
| 24′ | 195 | |
| 26′ | **275** | Neu Luft eingeleitet. Neues Steigen und sekundä- |
| | 245 | res Sinken der Erregbarkeit, dann neues Ansteigen. |
| | 290 | |
| 29′ | 340 | |
| | 332 | |
| 30′ | 340 | Neu Luft eingeleitet. |
| | 340 | |
| | **335** | Dritte Kohlensäureeinleitung. |
| 35′ | 320 | |
| 36′ | 277 | |
| | 260 | |
| 37′ | 242 | |
| | 165 | |
| 40′ | 157 | |
| | 150 | |
| 47′ | 150 | |

| Zeit. | Rollenabstand = Erregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| | **260** | Luft eingeleitet. |
| | 225 | |
| | 250 | |
| 12 hor. 53′ | 287 | Seit den 2 Stunden des Versuches ist die Erregbarkeit |
| | 300 | nur um 10 M. M. gesunken. |
| | 324 | |
| | **335!** | |

Der Versuch lehrt, wie rasch in der Kohlensäureatmosphäre die Nervenerregbarkeit sinkt, sie wird jedoch, wie schon meine früheren Versuche mit den Einspritzungen des kohlensauren Wassers gelehrt hatten, für lange Zeit nicht vollkommen vernichtet, nur herabgesetzt.

Wir scheinen hier einen wesentlichen Unterschied zu finden zwischen der Kohlensäurewirkung und der ermüdenden Wirkung der flüssig verwendeten Säuren. Jene steigert primär die Erregbarkeit, um sie erst sekundär zu schwächen oder zu vernichten. Bei der Kohlensäure tritt bei dieser Art der Anwendung wenigstens sogleich eine Herabsetzung der Erregbarkeit ein. In Capitel VIII wird gezeigt werden, dass sich auch für die Kohlensäure das primäre Ansteigen der Erregbarkeit deutlich zeigen kann. Abgesehen von dieser Eigenthümlichkeit, welche sich bei dieser Art der Anwendung, wie schon S. 72 erwähnt, öfters auch bei anderen flüchtigen Säuren zeigt, ist aber die Kohlensäure ein wahrer Typus für die Wirkung chemischer Veränderungen auf die Erregbarkeit. Es lässt sich das eben beschriebene Experiment mit Leichtigkeit zu einem **Vorlesungs-Experimente** der schlagendsten Beweisfähigkeit machen, um die Abhängigkeit des Nervenlebens von chemischen Bedingungen zu demonstriren. Bei Anwendung anderer chemischer Agentien auf den Nerven bleibt leicht eine Erregbarkeitsveränderung zurück, da es fast unmöglich ist, die alten Stoffverhältnisse ganz wieder herzustellen. Hier aber sehen wir nach dem Experimente Alles wieder in alter Ordnung *).

Ebenso leicht wie man an der Anode des polarisirenden Stromes die Herabsetzung der Erregbarkeit demonstriren kann, die nach der Stromöffnung wieder zur Norm zurückkehrt, ebenso leicht und beweisend ist die Demonstration der Kohlensäurewirkung, die durch Kohlensäure erzeugte Verminderung der Nervenerregbarkeit, die sogleich nach dem Entfernen der wirkenden Ursache wieder zur Norm zurückkehrt. —

Es musste die Frage aufgeworfen werden, ob die Wirkung der Kohlensäure analog sei der der anderen Säuren, ob die Kohlensäure als Säure auf den Nerven wirke. Diese Frage wird bei den Versuchen mit Ammoniak ihre Erledigung finden.

Noch wichtiger als diese Frage war die andere, ob die Kohlensaure durch ihre »Anwesenheit im Nerven« wirke wie die »ermüdenden Stoffe« im

*) In Cap. VIII werden Versuche beschrieben, in welchen die Electroden ausserhalb der Kohlensäure-Atmosphäre bleiben.

Muskel, oder ob es vielleicht allein der Sauerstoffmangel sei, der bei den Versuchen mit diesem Gase so sicher in Erscheinung tritt. Man könnte die beobachteten Verhältnisse nach beiden Seiten deuten.

Diese Frage war leicht durch die Gegenfrage zur Entscheidung zu bringen: wirkt Wasserstoff auf den durch Kohlensäure in seiner Erregbarkeit herabgesetzten Nerven ebenso erholend wie Luft ein?

Um das betreffende Experiment in Angriff nehmen zu können, musste zuerst noch das Verhalten der Nervenerregbarkeit für Wasserstoff geprüft werden.

Es wurde in den Apparat ganz reines, befeuchtetes Wasserstoffgas eingeleitet. Es zeigte sich, dass die Nervenerregbarkeit während zweier Stunden sich nicht merkbar veränderte. Sie betrug z. B. zu Anfang eines Versuches: 34,3 M. M., nach 2 Stunden und 10 Minuten in Wasserstoff noch immer 33,0 M. M. Der Apparat wurde stets vollständig mit dem Gase gefüllt erhalten, das an der Ausflussöffnung brannte.

Es wäre unnöthig einen derartigen Versuch mitzutheilen.

Da hiedurch die vollkommene Unschädlichkeit des Wasserstoffes für den Nerven entschieden war, und gleichzeitig, dass ein Nerve in Wasserstoff längere Zeit fortleben kann ohne Sauerstoffzufuhr, ja sogar bei ziemlicher Arbeit (er wurde z. B. in dem angeführten Versuche 43 mal auf seine Erregbarkeit geprüft), so konnte nun an den Versuch der Wiederherstellung des durch Kohlensäure veränderten Nerven durch Wasserstoffgas geschritten werden. Die Versuche sind so bemerkenswerth, dass ich ein Protocoll vollständig mittheile.

## II. Wechselversuch
mit
**Kohlensäure, Wasserstoff und Luft.**

| Zeit. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M.M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 5 hor. 55′ | 345 | Frischer Nerve. |
| 6 » 2′ | 357 | |
| 5′ | 357 | |
| 5,5′ | **347** | Erste Kohlensäureeinleitung. |
| 6′ | 346 | |
| 13′ | 280 | |
| 17,5′ | 275 | |
| 20′ | 270 | |
| | **277** | Luft eingesaugt. Die Erregbarkeit steigt und sinkt dann wieder etwas, um von Neuem zu steigen. |
| | 262 | |
| | 264 | |
| 23′ | 270 | |
| 24′ | 275 | |
| 25′ | 295 | |
| 26′ | 345 | |
| 27′ | 323 | |
| 28′ | 335 | |
| 31′ | 340 | |
| 37′ | 350 | |

| Zeit. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M.M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 6 hor. 42′ | 353 | Erste Wasserstoffeinleitung. Das Gas rein und |
| 43′ | 355 | feucht, der Apparat ganz damit erfüllt, es brennt an der |
| 44′ | 354 | Ausmündungsöffnung. |
| 45′ | 354 | |
| 46′ | 353 | |
| 47′ | 353 | |
| 48′ | 353 | |
| 49′ | 353 | |
| 50′ | 353 | |
| 51′ | 352 | |
| 51,5′ | 352 | |
| 52′ | **350** | |
| 54′ | 345 | Luft durchgeleitet. Die Erregbarkeit scheint anfangs |
| 55′ | 346 | etwas zu steigen, die Zuckung scheint stärker, dann sinkt |
| 56′ | 346 | sie. |
| 57′ | **343** | |
| 58′ | 343 | Zweite Kohlensäureeinleitung. |
| 59′ | 330 | Es sinkt wie auch im ersten Versuchsbeispiel bei der |
| 59,5′ | 320 | zweiten und den folgenden Kohlensäureeinleitungen die Er- |
| 7 hor. —′ | 303 | regbarkeit rascher als bei der ersten. |
| 1′ | 285 | |
| 2′ | 253 | |
| 3′ | **237** | |
| 6′ | 260 | Zweite Wasserstoffeinleitung. |
| 7′ | 284 | |
| 8′ | 277 | |
| 9′ | 282 | |
| 10′ | 282 | |
| 11′ | 290 | |
| 12′ | 321 | |
| 13′ | 325 | |
| 14′ | 320 | |
| 14,5′ | **310** | |
| 15′ | 312 | Luft eingeleitet. |
| 18′ | **327** | |
| 23′ | 305 | Dritte Kohlensaureeinleitung. |
| 25′ | 185 | |
| 26′ | 185 | |
| 28′ | 184 | |
| 29′ | 185 | |
| 35′ | **135** | |
| 36′ | 185 | Dritte Wasserstoffeinleitung. |
| 37′ | 250 | |
| 38′ | 260 | |
| | 270 | |
| 39′ | 273 | |
| | 280 | |
| 40′ | **293** | |
| | etc. | etc. |

Der Versuch lehrt, dass die Wiederherstellung des Nerven von der Kohlensäureermüdung durch Wasserstoff ebenso erfolgt als durch Luft, dass demnach der Sauerstoff dabei keine nachweisbare Rolle spielt.

Es wirkt also die Kohlensäure nicht etwa, weil sie dem Nerven den Sauerstoff entzieht, sondern direkt schädlich. Der Nerve hat in sich Stoff genug um

lange fort arbeiten zu können, wenn er ungestört von äusseren chemischen Einflüssen sich befindet, z. B. von Kohlensäure.

Es ist das ein nicht unwichtiger Zusatz zu den oben Capitel II angeführten Experimenten über Nervenathmung.

Der Nerve verhält sich in Beziehung auf sein Sauerstoffbedürfniss zur Arbeit ähnlich wie ein Muskel. Er arbeitet auch längere Zeit ungestört fort, ohne dass ihm Gelegenheit zur Sauerstoffaufnahme geboten werden müsste. Wir haben uns das Verhältniss wohl so vorzustellen, dass der Nerve analog wie der lebenskräftige Muskel einen Sauerstoffvorrath in sich enthält, mit dessen Hülfe er arbeitet und Kohlensäure entwickelt.

Ist die nachgewiesene Sauerstoffaufnahme der Nervensubstanz in der Nervenathmung ein physiologischer Vorgang, so scheint es auf den ersten Blick, dass der Nerve (wie das für die Muskeln erwiesen ist) auf Kosten dieses Sauerstoffs sein Leben länger müsste erhalten können als ohne denselben. Die wichtige Beobachtuug L. Hermann's, dass diese physiologische Sauerstoffwirkung auf die Lebensdauer der Muskeln nur bei dickeren Muskeln sichtbar werde, während sie sich in das Gegentheil verwandle bei dünneren, im Verhältniss zu ihrer Masse viel Oberfläche darbietenden Muskeln, macht jedoch für die Nerven das letztere Verhalten von vorne herein sehr wahrscheinlich, da diese eine noch weit grössere Oberfläche haben im Verhältniss zur Masse als der dünnste zu Gebote stehende Muskel. Wir werden also auch hier vermuthen müssen, dass der Nerve, beeinflusst von den im Capitel II besprochenen, gleichzeitig stattfindenden beiden Wirkungen des Sauerstoffs: von der »anorganischen« sein Leben zu vernichten strebenden »Oxydation = Fäulniss«, und von der physiologischen sein Leben verlängernden »Sauerstoffeinathmung«, das erstere schädliche Moment allein würde sichtbar werden lassen.

Bei einer Vergleichung der Lebensdauer der Nerven in Sauerstoff-freier und Sauerstoff-haltiger Luft ist es also wohl zu erwarten, dass in ersterer der Nerve sogar wird länger am Leben und länger erregbar bleiben können als in letzterer.

Es wurden in dieser Richtung einige vergleichende Versuche angestellt, welche zeigten, dass bei methodischer gleichmässiger Reizung der Nerve in Wasserstoff *länger* erregbar blieb als in gewöhnlicher sauerstoffhaltiger Luft. Dabei trat jedoch eine Eigenthümlichkeit in Erscheinung, die vielleicht doch als Erregbarkeit begünstigender Einfluss des Luftsauerstoffes zu deuten wäre. In den angestellten Versuchen waren die Zuckungen, welche der Wasserstoffnerve auf den gleichen Reiz wie der Sauerstoffnerve auslöste (sie waren in den gleichen Stromkreis eingeschaltet, so dass die reizenden Stromstärken möglichst gleich waren), stets viel schwächer als die des zweiten. Dabei erschöpfte sich aber der Sauerstoffnerve, wohl seiner von Anfang an weit stärkeren Arbeitsleistung wegen, ziemlich viel rascher als der schwächer arbeitende Wasserstoffnerve.

Auf diese Beobachtung lege ich darum einigen Werth, weil in den Versuchsprotokollen bei der Nervenerregung (Minimalzuckung) in Gasen fast stets jene schon erwähnte eigenthümliche Erregbarkeitsschwäche auftrat, bei welcher ein Minimalreiz sehr rasch die Erregbarkeit herabsetzte (cf. Wechselver-

such I). Am wenigsten trat dieses Verhältniss bei reinem Wasserstoff hervor doch fehlte es, wie mir einige Protokolle zeigen, auch hier nicht vollkommen Es wäre also immerhin möglich, dass meine angestellten Versuche für den Nerven eine physiologische erregbarkeitshebende Wirkung des Sauerstoffs erkennen lassen, doch halte ich diese Frage noch nicht für abgeschlossen.

Die Hermann'schen Experimente mit dünnen Muskeln leiden wahrscheinlich an einem Gebrechen, das sich nach unseren Erfahrungen über die Sauerstoffathmung des Muskels nicht mehr verkennen lässt. Sie sind wohl wie alle seine controllirbaren Versuchsbeispiele bei einer zu hohen Temperatur (Sommertemperatur) angestellt, bei welcher die nicht physiologische Sauerstoffwirkung, die Fäulniss sehr viel stärker hervortritt als bei niederen Temperaturen, die das Leben der Froschnerven und Froschmuskeln noch nicht vernichten. Es wäre wohl möglich, dass bei Berücksichtigung dieses Verhältnisses, die Versuche mit Muskeln ein anderes Resultat geben würden als in jener citirten Abhandlung. Das Gleiche ist vielleicht auch für den Nerven möglich.

Es sind noch einige weitere Eigenthümlichkeiten zu erwähnen, die der Nerve in Wasserstoff zeigte.

Die Ermüdung und Erholung des Nerven nimmt in Wasserstoff vollkommen denselben Verlauf wie in sauerstoffhaltiger Luft. Derselbe Nerve erholte sich durch Ruhe in Wasserstoff wieder wie in Sauerstoff, es darf also die Erholung primär nicht abhängig gedacht werden von Sauerstoffaufnahme. Durch Reizung steigt in Wasserstoff, ebenso wie in sauerstoffhaltiger Luft zuerst die Erregbarkeit des Nerven, um dann erst zu sinken. Es beruht, wie alle meine Untersuchungen ergeben haben, dieses Ansteigen der Erregbarkeit auf den chemischen Veränderungen, welche der Nerve durch seine Arbeitsleistung erfährt, vor allem auf dem nachgewiesenen Auftreten einer Säure im Nerveninhalte. Es zeigt also dieses Ansteigen der Erregbarkeit, dass auch ohne Sauerstoff im Nerven die gleichen Zersetzungen, die gleichen chemischen Vorgänge stattfinden können wie mit demselben, ein Beweis, dass auch hiebei wie bei dem Muskel primär der äussere Sauerstoff keine absolut nothwendige Rolle spielt. Da aber die bekannten Zersetzungsproducte dieser Organe als Oxydationsproducte im physiologischen Sinne sich darstellen, so unterliegt eine indirekte Mitwirkung des Sauerstoffs keinem Zweifel. Es werden danach, wie schon oben erwähnt, die angeführten Beobachtungen so gedeutet werden müssen, dass der ausgeschnittene Nerve einen »Sauerstoffvorrath« für seine Arbeitsleistung in sich enthält. Der Sauerstoff wird sich in ihm leichtgebunden vorfinden, so dass eine Abgabe desselben an die Gewebsstoffe möglich ist. Da das Nervengewebe seinen Sauerstoff dem Blute entzieht — es wird ja das arterielle Blut bei dem Durchströmen der Nervensubstanz venös —, so muss die Bindung des Sauerstoffs im Nerven eine festere sein als im Blute, es werden demnach wie am Muskel Auspumpungsversuche zu keinem Resultate führen können. Der einzig mögliche Weg ist auch hier der, durch leicht oxydirbare Substanzen dem Nerven Sauerstoff zu entziehen, die Nervenstoffe chemisch zu reduciren.

Ausser den beiden besprochenen Gasen wurden auch noch Schwefelwasserstoff und Leuchtgas auf ihre Wirkung auf den Nerven geprüft.

Der Schwefelwasserstoff zeigte das gleiche Verhalten wie die Kohlensäure gegen den Nerven. Die Erregbarkeit sank auch hier ziemlich rasch auf ein unteres Maass, auf dem sie sich aber ziemlich lange erhielt. Primär trat hier jedoch stets ein geringes Ansteigen der Erregbarkeit ein vor dem Absinken, der Nerve blieb auch etwas erregbarer zurück nach dem Versuch als normal, so dass der Schwefelwasserstoff offenbar als Säure wirkt. Auswaschen des Schwefelwasserstoffs durch Luft bringt die alte Erregbarkeitshöhe fast vollkommen wieder zurück (sie ist meist etwas erhöht).

Es wurde hier auch beobachtet, was sich stets bei den Kohlensäureversuchen geltend gemacht hatte, dass der Nerve nach der Entfernung des schädlichen Gases seine alte Erregbarkeitshöhe und Erregbarkeitsstärke zwar vollkommen wieder erhält, dass er aber nun den Einwirkungen der betreffenden Gase bei einer zweitmaligen Application weit weniger gut Widerstand zu leisten vermag. Der Nerve bleibt nach restituirter Kohlensäure- oder Schwefelwasserstoffermüdung in einem Zustande zurück, in dem er leichter in eine neue Ermüdung durch diese Stoffe versetzt werden kann. Worauf die Ermüdungsfähigkeit basirt, ist noch nicht erforscht. Vielleicht ist es ein Zeichen dafür, dass der im Nerven zum Zwecke der Thätigkeit vorhandene (Sauer-) Stoffvorrath sich nach und nach verringert. Vielleicht ist es dasselbe Phänomen für Gase, das wir für Flüssigkeiten gefunden haben, dass bei nach und nach eintretender Abschwächung der Nervenlebensenergie der Nerve dem Eindringen fremdartiger Stoffe weniger starken Widerstand entgegen zu setzen vermag.

Die Wirkung des Schwefelwasserstoffes auf die Nerven ist nicht nur darum von Wichtigkeit, weil nicht selten Vergiftungen mit diesem Gase erfolgen, es gehört dasselbe ja auch unter die im Organismus unter Umständen freiwillig entstehenden Gase (im Darm und in der Harnblase*), sodass wir ihm eine physiologische Wirkung nicht ganz absprechen können, da er aus seinem Bildungsorte sicher zum Theil in die Gewebe gelangt und durch die Lunge ausgeschieden wird, analog wie der im Darm entstehende Wasserstoff unter den Respirationsgasen erscheint.

Ein Versuchsbeispiel wird genügen, die beobachteten Verhältnisse zu veranschaulichen.

## III. Wechselversuch
mit
**Schwefelwasserstoff und Luft.**

| Zeit. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 6 hor. 26′ | 323 | Nerve frisch in der Luft. |
| | 323 | |
| 27′ | 330 | |

*) Meine Grundzüge der Physiologie S. 434.

| Zeit. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 6 hor. 30′ | **335** | Schwefelwasserstoff eingeleitet. |
| 31′ | 325 | Die Erregbarkeit steigt etwas, dann sinkt sie konstant |
| | 297 | |
| 32′ | 290 | |
| | 287 | |
| 33′ | 272 | |
| 34′ | 265 | |
| 36′ | 260 | |
| 37′ | 255 | |
| 39′ | 246 | |
| 44′ | **240** | |
| 45′ | 246 | Aussetzen der Schwefelwasserstoff-Einleitung. |
| 46′ | 253 | Abnehmen des Apparates. |
| 47′ | 277 | Luft durchgeleitet. |
| 48′ | 287 | |
| 50′ | 305 | |
| 51′ | 320 | Die Erregbarkeit kehrt in alter Stärke zurück. |
| | 325 | |
| 54′ | 327 | |
| 55′ | **330** | Der Nerve ist etwas erregbarer als frisch und ermüdet |
| 57′ | **342** | sehr leicht, er ist also etwas geschwächt. |
| 7 hor. —′ | **340** | |
| | etc. etc. | |

Die Versuche mit unreinem Leuchtgas bieten weniger Interesse.

Der peripherische Nerve wird sowohl von der in dem Leuchtgase enthaltenen Kohlensäure als auch durch das Kohlenoxyd alterirt. Das reine Leuchtgas erscheint ganz indifferent gegen den Nerven.

Reinigt man das unreine Leuchtgas, so wie es aus der Fabrik kommt, von Kohlensäure, so bleibt ihm noch eine schädliche Wirkung zurück, schliesst man nun auch das Kohlenoxydgas aus, so verhält sich das restirende Leuchtgas wie mir scheint ganz unschädlich, es steigt die Erregbarkeit dadurch meist etwas.

Der Ausschluss der Kohlensäure wurde dadurch bewirkt, dass das Leuchtgas durch eine U-förmige Röhre mit trockenem Kali und durch Barytwasser geleitet wurde; der Ausschluss des Kohlenoxydgases gelingt bekanntlich leicht und vollkommen, wenn man das Gas durch eine Auflösung von Kupferchlorür in Salzsäure leitet.

Mit reinem Kohlenoxydgase wurde nicht experimentirt. Das unreine (kohlenoxydhaltige) Leuchtgas liess den Nerven in einem Zustand herabgesetzter Erregbarkeit zurück, der durch Entfernung des Gases nicht vollkommen verschwand. Es scheint danach vielleicht, dass das Kohlenoxydgas eine stärkere Wirkung (direkt giftige?) auf den Nerven ausübe als die Kohlensäure.

## §. 2. Versuche mit ammoniakalischen und sauren Dämpfen.

Um die Wirkung der Säuerung und des Alkalischwerdens auf die peripherischen Nerven noch weiter zu studiren, wurden sie in der im vorstehenden §

verwendeten Gaskammer ganz in der angegebenen Weise den Dämpfen von Ammoniak, von Essigsäure, Salpetersäure und Kohlensäure ausgesetzt.

Es ergaben die angestellten Versuche, dass sowohl durch Ammoniak als durch Säuredämpfe die Erregbarkeit der Nerven in ganz ähnlicher Weise verändert wird.

Bei all diesen Einwirkungen sehen wir einen Zustand der Herabsetzung der Erregbarkeit und einen Zustand der Erregbarkeitserhöhung durch dieselben Stoffe erzeugt. Es zeigte sich, dass die Stoffe ganz verschieden wirken, je nach dem Zustand, in welchem sich der Nerve vor der Application des chemischen Agens sich befand.

Beschreiben wir zuerst die Resultate der Versuche über Säurewirkung und Ammoniakwirkung, welche letztere schon so vielfältig Gegenstand der Untersuchung war.

Es ist bekannt, wie rasch der normale Nerve seine Erregbarkeit in Ammoniakdampf oder durch Bestreichen mit flüssigem Ammoniak verliert. Es herrscht eine Differenz in den Angaben der Autoren, ob das Ammoniak auf den Nerven erregend, reizend einwirke oder nicht. Bei den vielen Versuchen, die ich mit Ammoniak in meiner Gaskammer angestellt habe, zeigte sich bei Einwirkung von Ammoniakdämpfen auf den Nerven niemals eine Zuckung des Muskels, der in der beschriebenen einfachen Weise vor der Gaseinwirkung geschützt war. Ich muss mich also auf die Seite derer stellen (Kühne), welche behaupten, dass (dampfförmiges) Ammoniak den Nerven tödte ohne ihn zu erregen.

Halten wir uns bei der Betrachtung der Ammoniakwirkung zuerst an den normalen, frischen peripherischen Nerven.

Hier sehen wir, dass stets zuerst eine ziemlich rasche, regelmässig abfallende Verminderung der Erregbarkeit eintritt, plötzlich sehen wir aber eine Steigerung eintreten und nun sinkt die Erregbarkeit zu Null herunter. Wir sehen hier also vor dem Tode noch eine Erregbarkeitserhöhung erfolgen und zwar konnte diese Erscheinung bei allen Versuchen regelmässig beobachtet werden.

Lässt man auf einen normalen, frischen Nerven eine dampfförmige Säure einwirken, so ist das Verhalten in der Mehrzahl der Fälle umgekehrt, wir sehen zuerst eine Steigerung der Erregbarkeit eintreten, die dann von einer Herabsetzung der Erregbarkeit bis zum Absterben des Nerven gefolgt ist. Nur bei Kohlensäure wurde bisher am normalen Nerven meist sogleich eine Herabsetzung der Erregbarkeit beobachtet.

Wir sehen hier also Verschiedenheiten in der Wirkung chemischer Agentien auftreten, die uns ganz unvermuthet kommen. Wir mussten erwarten, dass da jede Herabsetzung der Nervenlebenseigenschaften die Nervenerregbarkeit primär steigert, eine solche Steigerung ebenso die primäre Wirkung des Ammoniaks wie der Säuredämpfe sein würde. Diese Vermuthung lässt sich auch durch andere Versuchsmethoden leicht nachweisen, als wir sie hier zur Verwendung brachten. Spritzen wir Thieren Ammoniak, Ammoniaksalze oder andere alkalische Stoffe in die Blutgefässe ein, so sehen wir stets eine Nervenerregbarkeitssteigerung als erste Folge, wie unten mit einigen Versuchsbeispielen erwiesen werden soll.

Wir werden sehen, dass sich bei der Applicationsweise der chemischen Stoffe als Dämpfe ganz neue, bisher von uns und Anderen noch nicht beobachtete Bedingungen (chemischer Electrotonus) einmischen, die das Bild der Erregbarkeitsveränderung wesentlich modificiren, was in Capitel VIII des Näheren auseinander gesetzt werden wird. Bis dahin muss die Besprechung dieser Verhältnisse ausgesetzt bleiben.

Anders als auf den normalen Nerven wirkt das Ammoniak auf einen vorher durch Dämpfe gesäuerten Nerven ein.

Das Ammoniak erhöht hier regelmässig primär die Erregbarkeit des schon im Stadium der Erregbarkeitsverminderung befindlichen Nerven. Die Versuche können mehrmals nach einander an demselben Nerven mit Abwechselung von Säure und Alkali immer mit dem gleichen nur abnehmenden Erfolge angestellt werden. Ein vorher gesäuerter Nerve erhält dabei seine Erregbarkeit in Ammoniak weit länger, leistet der Ammoniakwirkung weit länger Widerstand als ein normaler.

Eine primäre Erregbarkeitssteigerung durch Ammoniak tritt auch offenbar ganz aus dem gleichen Grunde wie dort, weil das Ammoniak primär die Säure neutralisirt und dadurch ihre schädlichen Wirkungen vernichtet, im Nerven ein, die schon seit längerer Zeit geschlachteten Thieren entnommen sind, die sich also schon in einem Stadium gesteigerter Säureanhäufung und herabgesetzter Erregbarkeit durch beginnende Nervenstarre befinden. Auch solche Nerven zeigen sich ziemlich lange gegen die schädlichen Wirkungen der Ammoniakdämpfe unempfindlich.

Umgekehrt als durch Ammoniak auf den gesäuerten kann durch Säuredämpfe auf den alkalisch gemachten Nerven eingewirkt werden.

Auch hier sehen wir, bei Anwendung von saueren Dämpfen öfters, bei Anwendung von Kohlensäure regelmässig die Erregbarkeit der Nerven primär wieder ansteigen. Die Kohlensäure, welche unter anderen Umständen die Nervenerregbarkeit herabsetzt, sehen wir hier also gerade das Gegentheil bewirken.

Die angegebenen Beobachtungen sollen nun noch durch einige Versuchsbeispiele erhärtet werden.

## IV. Wechselversuch
mit
**Ammoniak und Essigsäuredampf.**

| Zeit. | Rollenabstand = Erregbarkeit des Nerven in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 7 hor. 15′ | 376<br>355<br>350 | Nerve aus dem frisch geschlachteten Thiere, normal. |

| Zeit. | Rollenabstand = Erregbarkeit des Nerven in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 7 hor. 20′ | **251** | Apparat mit der Ammoniakflasche verbunden, Minimal-Mengen von Ammoniak wirken auf den Nerven ein. |
| 21′ | 190 | |
| 22′ | 183 | |
| 23′ | 168 | |
| 24′ | 152 | |
| 26′ | 140 | |
| 27′ | 115 | |
| 28′ | 94 | |
| 29′ | 80 | |
| 30′ | **119!** | Einige Ammoniakblasen eingeleitet. |
| 30¼′ | todt! | Auf die stärksten Ströme unerregbar! |
| | **6** (mit Draht-Einlage) | Nun wurden Essigsäure-Dämpfe eingeleitet sehr |
| | 112 | energisch, der Nerve kommt wieder zum Leben, zuerst nur |
| 35′ | 126 | auf stärkste Ströme erregbar, dann bei der Drahteinlage in |
| 37,5′ | 67 | die primäre Rolle mit 6 M. M. |
| | 43 | Bei weiterer Einleitung der Essigsäure-Dämpfe tritt nun |
| 38′ | **96** | die Säurewirkung ein, die Erregbarkeit nimmt wieder ab. |
| 39′ | 52 | Nun wieder Ammoniak durchgeleitet, die Erregbar- |
| 39¼′ | todt. | keit steigt zuerst, dann sinkt sie. |
| | | Auf stärkste Ströme unerregbar. Durch Essigsäure-Dämpfe kehrt die Erregbarkeit nicht zurück. Muskel noch normal erregbar. |

Der vorstehende Versuch zeigt die angegebene primäre Erregbarkeitsverminderung durch Ammoniak am normalen, frischen Nerven und die Steigerung der Erregbarkeit unmittelbar vor dem Absterben. Zugleich gibt er ein Beispiel der Wiederherstellung des durch Ammoniak getödteten Nerven durch sauere Dämpfe resp. Erhöhung der durch Ammoniak gesunkenen Nervenerregbarkeit durch saure Dämpfe.

## V. Wechselversuch
mit
**Salpetersäure- und Ammoniakdämpfen.**

| Zeit. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 11 hor. 38′ | 335 | Nerve frisch, normal. |
| | | Luft mit Salpetersäure-Dämpfen eingeleitet. Die |
| 40′ | **340** | Zuckung bei 335 wird sehr verstärkt, die Erregbarkeit steigt |
| | 330 | zuerst, dann sinkt sie. |
| | 325 | |
| 42′ | 320 | |
| | 314 | |
| 43′ | 312 | |
| 44′ | 307 | Bei 307 Minimalzuckung. |
| | | Nun Ammoniak eingeleitet. |
| | | Bei 307 erfolgt sehr kräftige Zuckung, es steigt also zuerst die Erregbarkeit (die Steigerung wurde nicht gemessen), dann sinkt sie. |

| Zeit. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 11 hor. 46′ | 135 | Nun wieder Salpetersäure-Dämpfe eingeleitet, die Erregbarkeit sinkt sogleich weiter ohne vorher zu steigen. |
| 47′ | 130 | |
| 49′ | 127 | |
| 50′ | 110 | |
| 52′ | 107 | Nun wieder Ammoniak eingeleitet. Die Minimalzuckung bei 107 wird sehr verstärkt, die Erregbarkeit steigt um später wieder zu sinken. |
| 54′ | **117** | |
| | 111 | |
| 55′ | 88 | |
| 56′ | 28 | |
| 56,5′ | 0 = 110 M.M. (mit der Drahteinlage) | Keine Zuckung ohne Einlage des Drahtbündels in die primäre Rolle. |
| | 106 | Durch Salpetersäure-Dämpfe kommt die Erregbarkeit nicht stärker zurück, sie ist nach der Drahteinlage 110 M. M. |
| 59′ | **107** | Nun Ammoniak eingeleitet. |
| 12 hor. — ′ | 104 | Bei 107 war vorhin die Zuckung = 0, jetzt ist sie stark, die Erregbarkeit ist also etwas gestiegen, dann sinkt sie wieder. |
| | etc. etc. | |

Der Versuch zeigt die oben angegebene primäre Steigerung der Erregbarkeit durch Säuredämpfe, die dann von einer Herabsetzung gefolgt wird. Zugleich zeigt er die Ammoniakwirkung auf den gesäuerten Nerven, die in einer zuerst eintretenden Erregbarkeitserhöhung gefolgt von einer Erregbarkeitsverminderung besteht.

## VI. Wechselversuch
mit
**Kohlensäure und Ammoniak.**

| Zeit. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 6 hor. 40′ | 390 | Nerve frisch, normal. |
| 42′ | 385 | |
| 43′ | **375** | Es wurde Kohlensäure eingeleitet, die Erregbarkeit sinkt sogleich. |
| 44′ | 327 | |
| 44 1/4′ | 320 | |
| 45′ | 296 | |
| 46′ | 287 | |
| 47′ | 277 | |
| 48′ | 270 | |
| 49′ | 265 | |
| 50′ | 260 | |
| 53′ | 250 | |
| | **280** | Nun Ammoniak eingeleitet, die Erregbarkeit steigt zuerst, dann sinkt sie. |
| 56′ | 230 | |
| | 130 | |

| Zeit. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| | **140** | Nun Kohlensäure eingeleitet, die Erregbarkeit steigt wieder. |
| | 142 | |
| | 145 | |
| | 143 | |
| 7 hor. 2′ | 140 | |
| 3′ | 143 | |
| | etc. etc. | |

Der Versuch zeigt, dass die durch Kohlensäure herabgesetzte Erregbarkeit durch Ammoniak wieder gesteigert werden kann und dass umgekehrt, der durch Ammoniak alterirte Nerve durch Kohlensäure wieder in seiner Erregbarkeit gehoben wird.

Als Beweis für den angegebenen Satz, dass bei schon dem Absterben nahen Nerven Ammoniak die Erregbarkeit sogleich zu steigern vermag, diene folgender Versuch.

## VII. Versuch
mit
**Ammoniak am fast abgestorbenen Nerven.**

| Zeit. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| 6 hor. 40′ | 84 | Frosch seit 8 Stunden geschlachtet. Erregbarkeit sehr geschwächt. |
| 41′ | **87** | Nach minimaler Ammoniak-Einwirkung zuckt der Nerve bei der alten Rollenstellung weit stärker, seine Erregbarkeit steigt primär. |
| 43′ | 91 | |
| 44′ | 95 | |
| — | 95 | |
| 45′ | 96 | |
| — | 95 | |
| 46′ | 85 | |
| — | 90 | |
| 47′ | 95 | 6 hor. $56^3/_4$′ ist der Nerve abgestorben. |
| | etc. etc. | |

Es ermangeln nun nur noch Beispiele zum Beweise, dass bei Ammoniakeinspritzungen zuerst regelmässig die Erregbarkeit des Nerven erhöht werde, der oben aufgestellten Ansicht gemäss, dass die Alterationen der Nerven die Nervenerregbarkeit primär steigern.

Diese Versuche sind unter des Verfassers Leitung von Herrn Dr. Bichlmaier angestellt als Bestandtheile einer grösseren noch unvollendeten Untersuchung über die Wirkung der einzelnen Fäulnissproducte organischer Substanzen auf den thierischen Organismus.

Die Frage nach der physiologischen Ammoniakwirkung ist durch die neuen

Untersuchungen Brücke's, welche die lange bestrittene Anwesenheit von Ammoniak im Blute wahrscheinlich machen, wieder in den Vordergrund getreten. Es beanspruchen also die hier mitgetheilten Versuche auch nach der rein physiologischen Richtung ein Interesse. Die Nervenerregbarkeit und die Muskelkraft (am Muskelzeiger) wurden nach einer Einspritzung von 75 cc. 0,7% Kochsalzlösung gemessen. Ueber die weitere Methode vergleiche oben S. 66.

## Dr. Bichlmaier's Versuche
über
## Ammoniakwirkung auf Muskel und Nerve des Frosches.

| Ausschlag des Muskelzeigers = Muskelkraft. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|
| | | **I. Versuche mit caustischem Ammoniak.** |
| 1) 90° | 150 | Frosch frisch präparirt. |
| | 150 | Nach Messung der Maximalzuckung. |
| 75° | 145 | Nach Injection von 75 cc 0,7% Kochsalzlösung. |
| | **260** | Es wurden 15 cc der verdünnten Ammoniaklosung (1 cc flüssiges caustisches Ammoniak auf 49 cc Wasser eingespritzt.<br>Es treten sehr heftige Krämpfe ein, das Herz schlagt noch einige Zeit fort, dann bleibt es stehen, die Nervenerregbarkeit ist sehr stark erhöht.<br>Die Muskelleistungsfähigkeit noch ungeschwächt vorhanden, das Herz contrahirt sich auf direkte Reize, die Reflexe sind verschwunden. Die ausgeschnittenen Nerven mechanisch und electrisch noch erregbar. Auf Durchschneiden und Bohren des Rückenmarkes Zuckungen. |
| 2) 20° | 155 | Frosch frisch präparirt. |
| 30° | 150 | Nach der Einspritzung von 75 cc Kochsalzlösung von 0,7%, |
| 27° | | |
| 20° | **160** | Nach der Injection von 15 cc verdünntem Ammoniak (3 cc auf 50 cc Wasser). Heftige Krämpfe. Alles wie im ersten Versuch. |
| 15° | | Nach 5 Minuten. |
| 18° | | Reflexe verschwunden, Rückenmark todt, Nerven und Muskeln mechanisch und electrisch gut erregbar. |
| | | **II. Versuche mit kohlensaurem Ammoniak.** |
| 3) 28° | 160 | Frosch frisch präparirt. |
| 25° | | |
| 20° | 155 | Nach der Kochsalzinjection. |
| 19° | | |
| 20° | **220** | Nach der Injection von 15 cc verdünnter Lösung von kohlensaurem Ammoniak: 0,7%. |
| 19° | 220 | |
| 19° | | Das Herz schrumpft zusammen, lange andauernde tetanische Krämpfe. Die Muskelkraft nicht geschwächt, die Nervenerregbarkeit erhöht. Reflexe sind noch vorhanden. Das Rückenmark gibt auf Durchschneiden und Bohren Zuckungen. Der Ischiadicus mechanisch und electrisch erregbar. |

| | Ausschlag des Muskelzeigers = Muskelkraft. | Rollenabstand = Nervenerregbarkeit in M. M. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| 4) | 22⁰<br>28⁰ | 142 | Frosch frisch präparirt. |
| | 30⁰<br>30⁰ | 135 | Nach der Kochsalzinjection. |
| | 24⁰<br>26⁰<br>25⁰ | **180**<br>180 | Nach der Injection von kohlensauerem Ammoniak, Alles wie oben. |
| 5) | 23⁰ | 150 | Frosch frisch. |
| | 25⁰ | 150 | Nach der Kochsalzinjection. |
| | 20⁰ | **160** | Sogleich nach der Injection des kohlensaueren Ammoniaks. Alles wie oben. |
| | 12⁰ | 140 | 5 Minuten später. |
| | | | **III. Versuche mit Chlorammonium.** |
| 6) | 28⁰ | 150 | Frosch frisch präparirt. |
| | 28⁰<br>26⁰<br>22⁰ | 150 | Nach der Kochsalzinjection. |
| | 18⁰<br>25⁰ | **220**<br>210 | Nach der Injection von 15 cc 0,7 % Salmiaklösung. |
| | 25⁰<br>22⁰ | 220<br>210 | Anfänglich schlägt das Herz ungestört fort, es treten leichte Muskelkrämpfe ein. Nach einiger Zeit steht das Herz still.<br>Es tritt eine bedeutende Erregbarkeitssteigerung der Nerven ein. Sonst keine Veränderung. |
| 7) | 30⁰ | 150 | Frosch frisch präparirt. |
| | 15⁰ | **200** | Nach der Salmiakinjection. Alles wie oben. |
| 8) | 40⁰<br>45⁰ | 160 | Frosch frisch präparirt. |
| | 40⁰<br>40⁰ | **180** | Nach der Salmiakinjection. |
| | | | **IV. Versuch mit Propylamin.** |
| 9) | 70⁰ | 160<br>167 | Frosch frisch präparirt. |
| | 70⁰ | 160<br>163 | Nach der Kochsalzinjection. |
| | | **200**<br>200 | Nach der Einspritzung von 0,7 % Kochsalzlösung mit einigen Tropfen Propylamin-Flüssigkeit.<br>Es treten Krämpfe ein, das Herz steht still, die Leistungsfähigkeit der Muskeln ist jedoch noch ungeschwächt. Reflexe sind verschwunden, ebenso die Athembewegungen. Herz stark contrahirt. Das Rückenmark gelähmt, Nerven direkt noch gut erregbar. |

Die Versuche zeigen die starke Einwirkung der Ammoniake und der Ammoniaksalze auf das gesammte Nervensystem. Auch von dem chemisch in-

differenten Chlorammonium sehen wir die peripherischen Nerven nicht unbedeutend alterirt, in ihrer Erregbarkeit erhöht.

Es zeigen uns diese Versuche von Neuem wie gewaltig eine Anhäufung von Ammoniaksalzen namentlich von freiem oder kohlensauerem Ammoniak im Blute auf das gesammte Nervensystem einwirken muss. So dass die ältere Annahme der giftigen Wirkung des kohlensaueren Ammoniaks im Blute hiedurch auf das deutlichste bestätigt wird.

Für die uns hier zunächst beschäftigenden Fragen ist das am wichtigsten, dass wir eine primäre Steigerung der Nervenerregbarkeit durch die alkalischen Ammoniaksalze ebenso nachweisen konnten wie durch Säuren.

Es geht daraus hervor, dass wir auch eine stärker hervortretende alkalische Reaction der Nervensubstanz unter die ermüdenden Einwirkungen auf dieselbe zu rechnen haben.

Wir sehen auch von den Alkalien wie von den Säuren zuerst die Nervenerregbarkeit gesteigert und in der Folge erst herabgesetzt.

Es wird dadurch unsere Anschauung über den chemischen Vorgang der Ermüdung des Nerven wesentlich erweitert, wie in dem folgenden § übersichtlich dargestellt werden soll.

# Capitel VII.

## Chemische Begründung der physiologischen Nervenerregbarkeit.

### §. 1. Die normale Nervenermüdung.

Die Frage nach der chemischen Begründung der Lebenseigenschaften der Nerven war bisher kaum in Angriff genommen.

Die ersten Aufschlüsse ergaben meine Untersuchungen über die chemischen Ursachen der Muskelermüdung, bei denen gleichzeitig das Verhalten der Nerven den »ermüdenden Stoffen des Muskels« gegenüber einer vorläufigen Prüfung unterworfen wurde. Die im Vorstehenden dargestellten Versuche haben die dort gemachten Angaben über chemische Bedingungen der Nervenerregbarkeit wesentlich erweitert und umgestaltet.

Ehe wir zur Zusammenfassung der Resultate und ihrer Ergebnisse schreiten, ist es wohl zweckentsprechend den bisherigen Stand der Frage etwas näher zu betrachten.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass es schon bisher bei allen Physiologen feststand, die sich die Frage ernstlich vorgelegt haben, dass die Lebenseigenschaften der Nerven im letzten Grunde auf chemischen Bedingungen beruhen. Ueberall in der organischen Natur sehen wir mit dem Freiwerden von Kräften chemische Umgestaltungen verknüpft, welche letztere als Ursache für die ersteren angesprochen werden dürfen oder wohl angesprochen werden müssen.

In der Zeit vor den Du Bois'schen Untersuchungen finden wir die bedeu-

tendsten Physiologen von diesem Gedanken als einem nothwendigen durchdrungen, ebenso auch nach den genannten bahnbrechenden Neuerungen, welche uns in dem Nerven eine neue Kräfteform erkennen liessen. (Die hierhergehörigen Untersuchungen A. v. Humboldt's werden in Capitel VIII und IX besprochen werden.)

In der 4ten Auflage seiner Physiologie (1844) spricht Johannes Müller diese Anschauung in folgender Weise aus, Bd. I. S. 544:

»Alle reizenden Einflüsse, welche in den Nerven durch Veränderung der Materie Erscheinungen ihrer Kräfte hervorrufen, können auch die Reizbarkeit selbst verändern. Bei jeder Reaction findet ein Aufwand der Kräfte statt, in so fern sie durch Veränderung der Materie bewirkt wird, je länger die Reizung dauert, desto grösser ist diese Veränderung. Die Ausgleichung der materiellen Veränderungen durch die während der Ernährung fortgesetzte Wiedererzeugung hebt die täglichen Veränderungen wieder auf.«

Wir sehen aus diesen Worten deutlich, dass nach Müller's Anschauung bei dem Nervenleben materielle, chemische Veränderungen eintreten, auf denen die schwankenden Erregbarkeitsverhältnisse des Nervenlebens beruhen.

Durch die glänzenden Entdeckungen E. du Bois-Reymond's über die Nervenelectricität trat bei einer Anzahl von Physiologen der Gedanke an die chemischen Ursachen des Nervenlebens in den Hintergrund. Die physikalischen Eigenschaften zeigten einen solchen direkten Zusammenhang mit den Lebenseigenschaften der Nerven, dass man es wohl manchmal übersehen zu haben scheint, dass auch die physikalischen Erscheinungen an den Organismen im letzten Grunde auf chemischen Grundlagen basiren müssen.

Die bedeutendsten Autoren aus der nach-du-Bois'schen Zeit sprechen sich entschieden in diesem letzteren Sinne aus.

Nirgends finde ich aber die Grundfragen so wohlthuend einfach und scharf ausgesprochen als bei Ludwig*). Nachdem er seine Ansicht dargelegt, dass der Nerve seiner Mischung und Form seine Kräfte, und einer Umänderung jener eine Umwandlung der Kräfte verdanke, fährt er fort:

»Nach diesen Darstellungen dürften sich die besonderen Fragen über Nervenkräfte nun so gestalten:

»1) Wie erläutern sich aus der **chemischen Zusammensetzung** resp. **den chemischen Processen** der Nerven die electrischen Eigenschaften derselben, oder mit welcher **chemischen Umänderung** steigt und fällt die Erregbarkeit und die Erregung.«

»2) Auf welchem Wege bewirken die sogenannten Erregungsmittel eine electrische resp. **chemische Veränderung** der Nerven.«

Die physiologische Forschung hatte in der Zeit als C. Ludwig diese Sätze formilirte noch nicht einmal einen bewussten Anfang gemacht, an die Lösung dieser Aufgaben heran zu treten. Und in der gesammten physiologischen Literatur der zehn Jahre, welche verflossen sind seit jener Formulirung, suchen

*) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. II. Auflage. Bd. I. S. 445 f.

wir umsonst nach einem merkbaren Fortschritt in der angedeuteten Richtung. Noch immer bestand der Ausspruch Ludwig's wie damals zu recht:

»Auf die erste dieser Fragen haben wir, beim gegenwärtigen Stand der chemischen Kenntnisse, weder eine Antwort noch auch nur Hoffnung, demnächst zu einer schärferen Fragestellung zu gelangen. Die zweite nach dem Warum und Wie der Veränderung, welche die Nerven durch die Erregungsmittel erfahren, hängt zu innig mit der ersten zusammen, um vor ihr eine Erledigung erfahren zu können.«

So ist der Stand der Frage, an die wir mit den nun neu gewonnenen Thatsachen der physiologisch-chemischen Forschung herantreten. Wir können ihn nur in so fern als verändert anerkennen, als im »Tetanus«, wie schon erwähnt, einige vorläufige Angaben über die Wirkung der »ermüdenden Muskelstoffe« auf den Nerven Platz fanden, die aber so lange ihrer eigentlichen Bedeutung entbehren mussten, als es noch nicht gelungen war, sie direkt auf innere chemische Nervenvorgänge zu basiren.

Dieser nothwendige Fortschritt ist nun gelungen; wir sind im Stande die Erregbarkeit der Nerven, diese seine Hauptlebenseigenschaft, aus chemischen Vorgängen im Nerven zu **erklären.**

Unsere Beobachtungen haben festgestellt, dass die Nerventhätigkeit mit einer Säurebildung in der Nervensubstanz einhergehe; ebenso wie das Absterben der Nerven.

Wir haben gefunden, dass die Reaction des lebenden Nerven von dem Neutralen auf der einen Seite zum Saueren, auf der anderen zum Alkalischen sich verändern könne.

Wir haben gefunden, dass der Wassergehalt der (Central-) Nervensubstanz sich durch die Thätigkeit derselben verändere.

Wir haben gefunden, dass das Nervenleben mit einer physiologischen Kohlensäureerzeugung und einer Sauerstoffaufnahme Hand in Hand gehe.

Wir haben gefunden, dass gewisse Stoffe, die sich in dem Blute je nach dem Zustande des Organismus in wechselnden Mengen vorfinden: Kalisalze, alkalischreagirende oder sauerreagirende Substanzen und reines Wasser mit besonderer s. v. v. Vorliebe in die Nervensubstanz eindringen, dass der lebende Nerve ein vitales Aufnahmsbestreben für diese Stoffe besitzt, während er andere Substanzen vor allem neutrale Natronsalze zurückweist.

Wir haben gefunden, dass der Wasserreichthum der centralen Nervensubstanz, welcher grösser ist als sogar der des Blutes, ein Eindringen von Stoffen, die im Blute sich befinden, in die centrale Nervensubstanz sehr begünstige, sodass sich daraus erklärt, dass die Mehrzahl der in's Blut gelangten Stoffe zuerst auf die centrale Nervensubstanz wirksam werden muss.

Mit diesen neu gewonnenen Hülfsmitteln der Erklärung konnten wir an die Hauptfrage nach der Abhängigkeit der Nervenerregbarkeit von chemischen Bedingungen herantreten:

Es ergab sich: das Auftreten einer fixen saueren Reaction der Nervensubstanz durch die Thätigkeit erklärt die Ermü-

dungserscheinungen des Nerven soweit sie sich als Erregbarkeitsveränderungen darstellen.

Die Nervenermüdung ist charakterisirt durch ein primäres Ansteigen der Nervenerregbarkeit und ein secundäres Abfallen derselben.

Dasselbe Ergebniss liefert eine künstliche Säuerung des Nerven. Ganz schwache Einwirkung jeder Säure steigert zuerst die Nervenerregbarkeit, während durch stärkere Einwirkung von Säuren die Erregbarkeit der Nerven herabgesetzt resp. vernichtet wird. Da alle geprüften Säuren dieses Verhalten zeigten, so ist es für das Verständniss des Ermüdungsvorganges im Nerven ganz irrelevant, dass wir die fixe Säure, welche bei der Nerventhätigkeit entsteht, noch nicht mit einem eigenen Namen bezeichnen können. Höchst wahrscheinlich sind aber die Verhältnisse denen im Muskel in dieser Beziehung analog, eine durch die Nerventhätigkeit entstehende organische Säure (Fleischmilchsäure) wandelt die Salze der Nervensubstanz in sauere Salze um, sodass sich nun die anorganischen Säuren der Nervensalze z. B. die Phosphorsäure an der saueren Nervenreaction und ihren physiologischen Wirkungen mit betheiligen.

Durch Ruhe kann die normale Nervenermüdung, sowohl die Erhöhung als die folgende Herabsetzung der Erregbarkeit, wieder zum Verschwinden gebracht werden.

Wir sind im Stande, diese normale Restitution der normal ermüdeten Nerven auf experimentellem Wege am künstlich ermüdeten Nerven einzuleiten.

Schon bei den oft citirten Muskeluntersuchungen hatte es sich ergeben, dass durch einfache Entfernung der ermüdenden Stoffe aus dem Nerven die alte Erregbarkeit wiederkehre. Es war dort nur eine Erhöhung der Nervenerregbarkeit durch die Ermüdungsstoffe beobachtet worden, durch Auswaschen dieser Stoffe aus dem Nerven vermittelst indifferenter Lösungen (vor allem 0,7% Kochsalzlösung) gelang es dort, die Nervenerregbarkeit auf ihr früheres Maass wieder herabzudrücken.

In den vorstehenden Versuchen zeigen die Wechselversuche mit Ammoniak und Säuredämpfen, dass durch Neutralisation der Säure im Nerven eine Restitution seiner Erregbarkeit, eine Hebung der gesunkenen, eintritt.

Es ist also die Wirkung der Ruhe für den ermüdeten Nerven experimentell auf ihre Gründe zurückgeführt. Sie besteht in einem Wirksamwerden der Circulation des Blutes, welche aus dem Nerven nicht nur die ermüdenden Stoffe durch einfaches Auswaschen entfernt, sondern auch noch durch Neutralisation vermittelst seiner alkalischen Reaction unschädlich macht.

Es muss also hier wie bei der Restitution nach der Muskelermüdung betont werden, dass primär der Erfolg der Ruhe nicht als ein Stoffersatz für die durch die Arbeit verbrauchten Stoffe angesehen werden darf.

Die Ermüdung tritt weit früher wie im Muskel so auch im Nerven auf, als alles zur Arbeitsleistung vorhandene Stoffmaterial in diesen Organen verbraucht ist. Die ermüdenden Stoffe — die Säuren — wirken auch im Nerven als Hemmungsvorrichtungen für die chemischen Vorgänge und damit für die Kräfteerzeugung, die Wirkung der Ruhe besteht primär darin, diese Hemmung zu beseitigen, diese ermüdenden Substanzen zu entfernen oder durch Neu-

tralisation unschädlich zu machen, und das Organ kann, wenn das geschehen ist, sogleich seine durch die Ermüdung unterbrochene Arbeit fortsetzen. Hier handelt es sich also zunächst nicht um Ersatzvorgänge.

Der Nerve ist wie der Muskel mit einem Vorrathe aller der Stoffe versehen, die er zur Arbeitsleistung bedarf.

Die Versuche über Arbeitsleistung der Nerven in sauerstofffreien Gasen (z. B. in Wasserstoff) haben gezeigt, dass der geruhte Nerve zum Zwecke der Arbeitsleistung Nichts in sich aufzunehmen braucht, dass vor allem von einer Sauerstoffaufnahme alle chemischen Vorgänge in ihm unabhängig verlaufen können. Auch die Restitution nach der Ermüdung erfolgt, wie direkte Versuche ergeben haben, in einer Wasserstoffatmosphäre ebenso sicher und wie es scheint ebenso vollständig wie bei Anwesenheit von Sauerstoff. Die Erholung erfolgt bekanntlich auch am ausgeschnittenen Nerven, der vom Blute nicht mehr umspült wird.

Wir haben hier vor allem die alkalische Reaction der den Nerven noch umgebenden Gewebe und ihrer Säfte als wiederherstellendes Moment zu betrachten. Da die Ermüdungsproducte, wie die Kohlensäure, zum Theile gasförmig sind, so beruht die Wiederherstellung der Nerven auch auf einer direkten Entfernung dieses Gases, dessen Austritt aus der Nervensubstanz an die umgebende Luft experimentell nachgewiesen wurde. Vielleicht sind die Verhältnisse im Nerven analog wie im Muskel auch in der Beziehung, dass neben der Säure oder durch die Säure aus indifferent reagirenden Stoffen alkalisch reagirende erzeugt werden, wie aus Kreatin das starkalkalisch reagirende Kreatinin, von dem wir nachgewiesen haben, dass es sich durch Neutralisirung der ermüdenden Säure an der Wiederherstellung des Muskels betheiligen kann*). Auch in der Nervensubstanz ist seit lange der Nachweis der Anwesenheit des Kreatins und Kreatinins (?) gelungen.

Sprechen wir es noch einmal aus: die Erholung nach Nervenermüdung beruht zunächst nicht in einem Ersatz des durch die Thätigkeit zerstörten, zersetzten Stoffes durch noch unzersetzten aus dem Blute, es handelt sich dabei zunächst nur um Wegschaffung und Unschädlichmachung der »ermüdend wirkenden Nervenzersetzungsstoffe.«

Wir haben hier also ganz den gleichen Fall wie im Muskel, bei welchem die Experimente dasselbe Resultat ergaben.

Es wäre aber vollkommen falsch, wenn wir nicht anerkennen würden, dass während der Ruhe vor allem im unversehrten Organismus den ermüdeten Nerven für den durch die Arbeitsleistung bedingten Stoffverlust nicht auch gleichzeitig mit der Wegschaffung der ermüdenden Stoffe ein Ersatz der verbrauchten geboten würde.

Unsere Experimente haben nachgewiesen, dass durch die Arbeitsleistung im Nerven eine gesteigerte Fähigkeit erzeugt wird, Stoffe aus der Umgebung namentlich aus dem Blute aufzunehmen. Wir haben gesehen, dass die sauere Nervenreaction, der Zustand der Ermüdung, das Eindringen von Stoffen in den Nerven in hohem Maasse steigert, sodass wir den Satz ausspre-

*) cf. Tetanus S. 365.

chen mussten: dass der ermüdete Nerve viel reichlicher mit Ernährungsstoffen versorgt werde als der nicht ermüdete, geruhte. Es geht demnach das Auswaschen und Neutralisiren der ermüdenden Stoffe im Nerven (wie im Muskel) des normalen Organismus stets mit einer Neuaufnahme von Nervennahrungsstoffen Hand in Hand, auf Kosten derer die Nervenerregbarkeit im normalen Thiere sich weit länger erhalten kann, als wenn wir den Nerven ausgeschnitten den Reizen und der Beobachtung unterwerfen.

Es genügt also für den Nerven, um zu arbeiten, primär das Reinigen des durch die Arbeit verschlammenden Stoffreservoirs, was jeder Nerve mehr oder weniger gefüllt besitzt. Natürlich wird dieses Reinigen aber nur so lange Erfolg haben, als die Füllung noch nicht verbraucht ist. Um dann noch fort thätig sein zu können, muss eine neue Stoffaufnahme in das Reservoir statt haben. Je reicher von Anfang an die disponible Stoffanhäufung im Nerven ist, desto länger wird sich seine Arbeitsfähigkeit allein durch Wegschaffung der Nervenschlacken erhalten lassen, ein schlecht ernährter Nerve wird bald an der Grenze angekommen sein, wo nur durch eine neue Stoffaufnahme, durch Ernährung ein Fortsetzen der Arbeit möglich ist.

Für den Muskel habe ich beweisen können, dass dieses neu aufgenommene Stoffmaterial, welches erst während der Arbeitsleistung selbst in den Muskel hereinkam, sogleich mit zur Muskelarbeit verwendet werden kann, der blutlhaltige ausgeschnittene Muskel leistet eine grössere Summe von Arbeit als ein sonst ganz gleicher blutfreier Muskel*). Es ist mehr als wahrscheinlich, wenn auch noch nicht sicher erwiesen, dass dasselbe von der Nervenarbeit gilt, sodass demnach die Erholung und Wirkung der ermüdeten Nerven durch Ruhe im Gesammtorganismus sowohl in einer Stoffaufnahme, in Ernährung, als in Stoffabfuhr beruhen wird. Jedenfalls wird die Nervenernährung durch die Thätigkeit der Nerven gesteigert, ein Vorgang, dessen inneren Grund wir durch unsere Experimente aufgedeckt haben.

Auch die Untersuchungen von v. Pettenkofer und Voit haben uns gezeigt, dass das Stoffmaterial, das zur Arbeitsleistung in den Arbeitsorganen vorhanden sein muss, wesentlich aus zwei verschiedenen Stoffgruppen bestehe. Die eine sind die physiologisch oxydirbaren Substanzen, die wir gewohnt sind vor allem als Nahrungsstoffe zu betrachten, die andere Gruppe besteht aus Sauerstoff oder gewissen sauerstoffreichen, leicht reducirbaren Nervensubstanzen, auf deren Kosten, durch deren Sauerstoff die Oxydation der erst genannten Stoffgruppe erfolgt. Es ist klar, dass mit der grösseren oder geringeren Menge der letzteren Stoffe, mit der Menge des gebundenen Sauerstoffs in den Organen ebenso die Arbeitsfähigkeit der letzteren steigen und fallen muss, wie mit einem grösseren oder geringeren Vorrath an der ersteren Stoffgruppe. Wenn diese keinen Sauerstoff zur Oxydation vorfinden, so sind sie für das Organ und den Organismus nutzlos.

Aus den Untersuchungen am Muskel und Nerven geht hervor, dass fort und fort eine Sauerstoffaufnahme in diese Gewebe erfolgt; vom Muskel wissen wir, dass er mit diesem neu aufgenommenen Sauerstoff sogleich physiologisch

*) cf. Tetanus S. 221.

zu arbeiten vermag, er erhält sein Leben länger in Sauerstoff als in sauerstofffreien, für ihn indifferenten Gasen. Da die Athmungsvorgänge im Muskel und Nerven identisch sind, so dürfen wir für den letzteren dasselbe Verhalten in dieser Beziehung vermuthen *).

Es gibt uns die letztgenannte Beobachtung einen weiteren Blick in die Stoffverhältnisse des Reservoirs in den beiden besprochenen Organen. Es ist stets mehr physiologisch oxydirbarer Stoff in denselben enthalten als die gleichzeitig vorhandenen oxydirenden Substanzen zu bewältigen vermögen, die Summe der Arbeitsleistung kann durch Zuführung von Sauerstoff gesteigert werden. Es muss demnach also auch in dieser Beziehung zur Erholung nicht sogleich eine neue Zufuhr von eigentlichem Ernährungsmaterial erfolgen, es genügt für einige Zeit die Sauerstoffaufnahme, welche den Verbrauch des vorhandenen Stoffmateriales möglich macht, ganz so wie dieser durch die Wegschaffung der ermüdenden Stoffe ermöglicht wird.

## Resultate.

Fassen wir die bisherigen Ergebnisse unserer Betrachtung zusammen, so stellen sich die chemischen Erregbarkeitsbedingungen des Nerven in folgender Weise.

Der Nerve enthält in sich einen Stoffvorrath, auf dessen Kosten er seine Erregbarkeit erhält, die Dauer der Erregbarkeit ist von der Grösse dieses Stoffvorrathes abhängig.

Dieser Stoffvorrath besteht aus oxydirbaren und oxydirenden Stoffen, der Nerve ist dadurch für eine bestimmte Zeit von allen Ernährungsbedingungen unabhängig, er braucht zu seinem Leben für eine gewisse Zeit weder die Aufnahme von oxydirbaren noch oxydirenden Substanzen (Sauerstoff).

Der Nerve ist im Stande durch innere Vorgänge seine Erregbarkeit zu modificiren. Solche Aenderungen treten z. B. bei der Nervenarbeitsleistung ein und bestehen in Ansteigen der Erregbarkeit über die Norm und durch Absinken derselben unter die Norm. Gleichzeitig sehen wir durch die Arbeitsleistung die chemische Reaction des Nerven von einer neutralen (oder schwach alkalischen) in eine immer stärker werdende sauere Reaction verwandelt. Das Auftreten dieser Säure ist der Grund für die veränderte Nervenerregbarkeit, wir sind im Stande durch künstliche Säuerung des lebenden Nerven ganz in analoger Weise seine Erregbarkeit zu verändern: die erste Wirkung der Säuren ist eine Erhöhung der Erregbarkeit, die zweite eine Herabsetzung derselben.

Aus der genannten primären Steigerung der Erregbarkeit und der darauffolgenden Erregbarkeitsverminderung setzt sich das Phänomen der Nervenermüdung zusammen. Die im Nerven in Folge der Arbeitsleistung auftretenden Säuren müssen als »ermüdende Substanzen« für den Nerven bezeichnet werden.

Im normalen Organismus findet eine oft rasche Ausgleichung der durch die Thätigkeit der Nerven gesetzten Erregbarkeitsveränderungen statt, ebenso

* Mit den oben S. 103 gegebenen Einschränkungen.

bei den aus dem Organismus ausgeschnittenen Nerven kaltblütiger Thiere. Das Experiment beweist, dass diese Wiederherstellung der alten Erregbarkeitsstufe, welche vor der Arbeitsleistung statt hatte, vor allem durch Entfernung und Neutralisation der ermüdenden Stoffe — der Säuren — erfolgt.

Die Anwesenheit der Säuren im Nerven ist aber gleichzeitig der Grund, wie durch die Imbibitionsversuche auf das sicherste nachgewiesen wurde, dass in Folge der Arbeitsleistung ein verstärkter Strom von Ernährungsmaterial aus dem Blute in den Nerven hereintreten kann. Es wird dem ermüdeten Nerven demnach der Stoffverlust auch wieder ersetzt, den er für die Arbeitsleistung erlitten hat.

Aus Analogie mit dem Muskel darf geschlossen werden, dass auch im Nerven ein grösserer Vorrath oxydirbarer Substanz angehäuft sei als die gleichzeitig vorhandenen oxydirenden Stoffe zu bewältigen im Stande sind, sodass die Erregbarkeits*dauer* der Nerven durch Sauerstoffzufuhr länger zu erhalten sein würde als ohne dieselbe. Die Erregbarkeits*höhe* wird aber durch Sauerstoffzufuhr oder Sauerstoffmangel nach den darüber angestellten Experimenten wie es scheint nicht beeinträchtigt.

Dieselben chemischen Vorgänge, welche wir bei der normalen Ermüdung eintreten sehen, kommen auch bei dem *Absterben der Nerven* zur Geltung. Auch hier sehen wir ein primäres Ansteigen und secundäres Absinken der Erregbarkeit zu Null; das Absterben ist wie die Thätigkeit der Nerven mit einer Säuerung der Nervensubstanz verknüpft. Es geht aus den schon mitgetheilten Betrachtungen unmittelbar hervor, dass wir auch hier als Ursache der Erregbarkeitsveränderung vor allem an die Säuren zu denken haben. Sicher kommen hier aber auch noch eine Reihe anderer Momente gleichzeitig zur Geltung.

Wir haben bisher nur die Wirkung der fixen Säuren auf den Nerven betrachtet. Der Nerve erzeugt in seiner Lebensthätigkeit auch *Kohlensäure*. Wenn wir auch noch nicht nachweisen können, dass die Arbeitsleistung der Nerven selbst mit einer gesteigerten Kohlensäureproduction verbunden ist, so wird sich doch im concreten Falle stets mit der Wirkung der im Nerven selbst erzeugten Kohlensäure auf den Nerven die Wirkung der im Blute enthaltenen summiren, von der wir wissen, dass sie durch die Thätigkeit des Organismus gesteigert wird.

Die Kohlensäure ist von sehr energischer Wirkung auf den Nerven.

Sie setzt seine Erregbarkeit ganz regelmässig sehr rasch herab. Wir dürfen also nicht daran zweifeln, dass wenigstens im normalen Organismus die durch die übermässige Ermüdung (z. B. nach Strychninvergiftung) schliesslich eintretende *Herabsetzung* der Nervenerregbarkeit zum Theil auf dem Wirksamwerden der Kohlensäure beruht.

Die ermüdende Wirkung der Kohlensäure lässt sich wie die der fixen Säuren durch einfache Entfernung des ermüdenden Stoffes wieder vollkommen ausgleichen, wie die Nervenwaschungen nach Kohlensäureermüdung mit Wasserstoff und Luft ergaben. Der Sauerstoff spielt bei der Restitution der Nerven durch Luftwaschung nach der Kohlensäurewirkung keine nachweisbare Rolle.

Dass die Kohlensäure auch als Säure wirke geht daraus vor allem hervor, dass ihre Wirkung durch Neutralisation mit Ammoniak wieder ausgeglichen werden kann.

## §. 2. Ueber krankhafte Einwirkungen auf die Nervenerregbarkeit.

Unsere Beobachtungen haben gelehrt, dass jede geringfügigere Nervenalteration mit einer Steigerung, jede stärkere mit einer Verminderung der Nervenerregbarkeit verbunden sei. Durch Versuche, die Herr stud. med. Conver unter meiner Leitung angestellt hat, wurde dasselbe Gesetz auch für mechanische Alterationen der Nerven wahrscheinlich. Durch leichte Zerrung der Nerven steigt meist die Erregbarkeit, durch stärkere sinkt sie.

Ganz so wie von der bei der normalen Ermüdung auftretenden sauren Reaction der Nervensubstanz sehen wir die Nervenerregbarkeit auch durch einen Umschlag der neutralen oder schwach alkalischen Reaction in eine stärker alkalische beeinflusst. Auch hier finden wir Steigerung und Herabsetzung der Erregbarkeit durch dieselbe Veränderung hervorgerufen.

Die Beobachtung lehrt, dass die Reaction der Nervensubstanz vom Neutralen bis zum stärker Alkalischen sich während des Lebens verändern könne, besonders bei krankhaft geschwächten Fröschen zeigte sich hie und da eine stärker alkalische Nervenreaction. Es scheint also, dass wir es hier mit einem krankhaften Vorgange zu thun haben, der wohl geeignet erscheint, für krankhafte Erregbarkeitsveränderungen als Erklärungsgrund zu dienen.

Auch eine Steigerung und Verminderung des normalen Wassergehaltes der Nervensubstanz ist mit primärer Erregbarkeitssteigerung und secundärer Herabsetzung verbunden.

Die Versuche ergeben eine physiologische Schwankung des Wassergehaltes im Centralnervensysteme, das mit der Thätigkeit wasserärmer wird. Auch diese Veränderung muss sich im Sinne der Nervenermüdung geltend machen, ebenso wie eine (vermuthete) Wasserzunahme der peripherischen Nerven durch die Thätigkeit. Kaum ein anderes der beobachteten Stoffverhältnisse gibt uns so viel Anhaltspunkte zur Erklärung der je nach dem allgemeinen Körperzustande schwankenden Nervenerregbarkeit. Der Wassergehalt der Nerven ist individuellen Schwankungen in hohem Maasse ausgesetzt, besonders krankhafte Veränderungen der Nervenmischung werden sich in dieser Richtung geltend machen.

Aus den Versuchen über die Kaliaufnahme in den Nerven und ihre Wirksamkeit auf die Erregbarkeit geht hervor, dass wir auch einen nicht unbeträchtlichen Theil der physiologischen und krankhaften Erregbarkeitsschwankungen auf dieses Nerven- und Muskelgift beziehen müssen, so weit sie sich nicht von der Thätigkeit der Nerven ableiten lassen.

Wir sehen durch Nahrungsaufnahme, wobei relativ viele Kalisalze dem Blute auf einmal zugeführt werden, objective Ermüdungssymptome eintreten, die von denen durch Thätigkeit erzeugten kaum zu unterscheiden sind. Aehn-

lich ist es bei der objectiven Ermüdung bei fieberhaften Krankheiten, bei denen die gesteigerte Organoxydation das Blut mit den Kalisalzen der verbrauchten Organe erfüllt. Bei gewissen Centralnervenleiden (acutem Hydrocephalus) sehen wir die Nervensubstanz von einer stark kalihaltigen Flüssigkeit umspült.

Auch das Ammoniak, das Brücke nun im Blute nachgewiesen hat, sowie die Ammoniaksalze wirken in dieser Richtung auf den Nerven ein.

Alle die genannten Stoffe können durch Wegschaffen oder Neutralisation in ihren Wirkungen beseitigt werden, es werden dadurch auch für die Therapie im concreten Falle neue Gesichtspunkte sich ergeben.

Für die pathologisch-chemische Forschung ist durch die vorstehenden Versuche ein neues, ergiebiges Feld der Thätigkeit geschaffen. Da uns jetzt wenigstens die Hauptfragen bekannt sind, die wir bei den chemischen Gewebs- und Säfteanalysen zu stellen haben mit Rücksicht auf eine pathologische Verwerthung, werden wir in der Folge vor mehr weniger nichtssagenden Versuchen und Analysen uns hüten können.

In Beziehung auf die Physiologie ist der nächste Schritt, der nun gemacht werden muss, der, nach den gewonnenen Gesichtspunkten die thierischen Flüssigkeiten: Blut, Lymphe, Chylus, Gewebsflüssigkeiten auf ihre active Betheiligung an den physiologischen (und pathologischen) Vorgängen in den unter ihrer Einwirkung stehenden Organen zu prüfen, und ihre eigenen Stoffänderungen mit Rücksicht auf die vorliegenden Fragen zu erforschen.

In der Richtung auf das Blut liegen mir schon wichtige Ergebnisse einer physiologischen Verwerthung harrend vor. Eine grössere Untersuchung über die Betheiligung der Kalisalze an den physiologischen und pathologischen Lebensvorgängen ist ebenfalls begonnen und es werden darüber wohl schon bald weitere Ergebnisse mitgetheilt werden können.

In dem folgenden Abschnitte der vorliegenden Untersuchung wenden wir uns nun noch zu einigen theoretisch sehr wichtigen Fragen, vor allem über das Verhältniss der Wirkung des constanten electrischen Stromes auf den Nerven zu den beobachteten chemischen Nervenveränderungen. Es werden sich auch noch Andeutungen über die Quellen der thierischen Electricität sowie über das Wesen des electrischen Nervenreizes ergeben.

# III. Abschnitt.

## Die thierische Electricität und die electrische Nervenreizung in ihrem Verhältniss zu chemischen Gewebsmodificationen.

---

## Capitel VIII.

### Der Electrotonus Pflüger's und die vorgetragene chemische Theorie der Modificationen der Erregbarkeit.

§. 1. Veränderung der chemischen Reaction des Nerven durch den constanten Strom: Nervenelectrolyse.

Lässt man auf einen Ischiadnerven des Frosches einen constanten electrischen Strom durch metallische Electroden einwirken, so treten an den Berührungsstellen der Electroden am Nerven chemische Veränderungen ein.

An der Anode sehen wir eine Anhäufung einer auf blaues Lacmuspapier stark wirkenden Säure, an der Kathode eine Anhäufung eines alkalischen Stoffes, welcher gelbes Curcumapapier bräunt oder geröthetes Lacmuspapier so stark bläut wie stark concentrirte Kalilauge.

Es ist längst bekannt, dass thierische Theile Polarisation annehmen können, in der Säure und dem Alkali haben wir die ganz regelmässigen Producte der galvanischen Polarisation, zweifelsohne werden an den betreffenden Stellen auch noch Sauerstoff (Ozon) und Wasserstoff ausgeschieden.

Diese Polarisation macht sich bemerklich für das Auge in sehr kurzer Zeit und auch bei ziemlich schwachen Strömen. Die Zeit, welche erforderlich ist, um am Multiplicator die physikalische Nervenpolarisation, die DU BOIS'schen Electrotonusphasen darzustellen, ist z. B. hinreichend, um bei Anwendung eines kleinen Daniell'schen Elementes ohne Nebenschliessung die deutlichste Electrolyse am Nerven hervorzurufen.

Diese Electrolyse tritt auf, wenn man den Strom durch Electroden irgend welchen Metalles dem Nerven zuführt, sie ist ebenso stark bei den Platinelectroden, mit denen man nach DU BOIS'schem Vorgange bisher die Phasen seines Electrotonus gewöhnlich erzeugte, als bei amalgamirten Zinkelectroden, die ebenfalls vielfältig zu Reizversuchen Verwendung finden.

Bei der Anwendung der DU BOIS-REYMOND'schen unpolarisirbaren Electro-

den wollte es mir hingegen niemals mit Sicherheit gelingen, eine deutliche Nervenelectrolyse wahrzunehmen.

Es ist selbstverständlich, dass man den Nerven bei derartigen Prüfungen vorerst vollkommen zu reinigen hat, um sich nicht durch die oft stark alkalische Reaction der den Nerven überziehenden Flüssigkeiten (Lymphe) täuschen zu lassen.

Bei der Anwendung der unpolarisirbaren Elektroden zeigte sich nun an der Stelle, an welcher die Anode anlag, gewöhnlich eine sehr schwach sauere Reaction. Dagegen konnte an der Kathode keine Anhäufung von Alkali nachgewiesen werden. Bei der Prüfung der Thonspitzen der Electroden zeigten diese stets eine wenn auch schwache doch nachweisbare sauere Reaction. Es blieb daher fraglich, ob die schwache Säuerung an der Anode nur von dieser an sich saueren Beschaffenheit der Electrodenspitzen herrühre oder ob sie Product der Electrolyse sei. Nimmt man an, dass sie wenigstens zum Theil durch Electrolyse entstanden sei, so wäre in der saueren Reaction des Thones der Grund gegeben, warum ein Nachweis von Alkali an der Kathode (mit verhältnissmässig schwachen Strömen) nicht gelingen konnte, das entstehende Alkali wurde seiner geringen Menge wegen durch die Säure der Electrodenspitzen sogleich neutralisirt, weggeschafft.

Wie das auch sein möge, die s. g. unpolarisirbaren Electroden Pflüger's, welcher er sich zur Darstellung der Modificationen der Nervenerregbarkeit mittelst des constanten Stromes bediente, zeigten, wie Pflüger selbst angibt, eine wenn auch schwache und rasch vergängliche Polarisation (Electrotonus S. 101), dasselbe ist, wenn auch in noch geringerem Grade von den erstgenanten unpolarisirbaren Electroden nachweisbar.

Und alle Zweifel, die wir in dieser Beziehung hegen könnten, verschwinden vor dem in der Theorie des Galvanismus jetzt wie es scheint sicher feststehenden Satze, dass kein Electrolyte den electrischen Strom ohne Zersetzung zu leiten vermöge. Schon E. du Bois-Reymond sagt 1848 in seinen Untersuchungen über thierische Electricität Bd. I. 236: »Eine grosse Anzahl von Thatsachen hat sich in neuerer Zeit zusammengefunden, aus deren Vereinigung mit vieler Wahrscheinlichkeit hervorgeht, dass kein feuchter Leiter einen Strom fortzuführen vermöge, ohne dadurch zugleich auf allen Punkten der durchlaufenen Strecke zersetzt zu werden.« Die Unpolarisirbarkeit der galvanischen Elemente wie der Electroden beruht bekanntlich nur darauf, dass die ausgeschiedenen Jonen sogleich nach ihrem Entstehen wieder vorgeschafft, unschädlich gemacht werden.

Von du Bois-Reymond ist es noch direkt erwiesen worden, dass auch an der Grenze zweier Electrolyte Polarisation stattfinde und dass die von ihm entdeckte innere Polarisation der thierischen Theile durch den electrischen Strom auch bei unpolarisirbaren Electroden auftrete*).

Es scheint sich daraus zu ergeben, dass der Mangel des Nachweises der electrolytischen Producte bei Anwendung unpolarisirbarer Electroden nicht aus

*) Mit den Peltier'schen Ladungen haben die von mir obenerwähnten electrolytischen Vorgänge direkt keinen Zusammenhang. Du Bois a. a. O. Bd. I. 376 ff.

ihrer vollkommenen Abwesenheit sondern aus ihrer geringen Menge oder daraus sich erklären lasse, dass sie sehr rasch nach ihrem Entstehen wieder weggeschafft werden.

Auf den starken Widerstand der unpolarisirbaren Electroden gegenüber den rein metallischen bedarf es keines Hinweises; dass deswegen bei gleicher electromotorischer Kraft der angewendeten galvanischen Elemente der electrolytische Effect an der Grenze der Platinelectroden ein stärkerer sein muss als an der Grenze der unpolarisirbaren Electroden, ist von selbst einleuchtend.

Dass auch durch die Ströme der thierischen Electromotore Electrolyse erzeugt wird, sodass wir also auch bei Anwendung derselben z. B. auf den Nerven schwache electrolytische Wirkungen haben, hat ebenfalls E. du Bois-Reymond a. a. Ort. Bd. I. S. 443 f. nachgewiesen.

Es sprechen diese Bemerkungen dafür, dass bei jeder möglichen Einwirkung der constanten Ströme auf den Nerven (wie auf alle thierischen Gebilde wenn auch in stärkerem oder schwächerem Grade der oben angegebene electrolytische Process mit Auftreten von Säure an der Anode und von Alkali an der Kathode eintrete.

Dass bei metallischen Electroden Zersetzungen am Nerven auftreten, ist lange bekannt, das Streben nach Anwendung unpolarisirbarer Electroden in der Reizphysiologie hat gerade darin seinen Grund, indem man einerseits die durch die Polarisation der Electroden eintretende Stromschwächung, andererseits eine ätzende Wirkung der entstandenen Jonen auf den Nerven vermeiden wollte. So sagt z. B. Pflüger Electrotonus S. 97 f.: »Die Gründe, welche uns bei den an den Nerven anzulegenden Electroden bestimmen, die Polarisation auszuschliessen, sind einmal dieselben, welche bei der Säule bereits erwähnt wurden und Bezug haben auf die Constanz des electrischen Stromes anderntheils aber auf die Ausscheidung solcher Stoffe am Nerven, welche als solche bereits unmittelbar chemisch seine Substanz angreifen.«

Ehé wir weiter fortschreiten, wollen wir noch den Vorgang der Nervenelectrolyse an einigen Beispielen näher betrachten.

Die Prüfung wurde sowohl mit blauem Lacmus- und mit gelbem Curcumapapier angestellt als auch sehr zweckmässig mit violettem Lacmuspapier, das sich durch Säuren röthete und durch Alkalien bläute.

## Versuche
### über Nervenelectrolyse.

1.

Nachdem am vorher mit Kochsalzlösung von 0,7 % gereinigten Nerven durch ein kleinstes Grove'sches Element ohne Nebenschliessung mit den Du Bois'schen Platinschaufelelectroden in möglichst kurzer Zeit die negative Phase des Electrotonus am Magneto-Galvanometer beobachtet war, zeigte sich die Reaction des Nerven folgendermassen verändert.

Die Reaction der Nervenstrecke, von welcher der Nervenstrom und die negative Phase abgeleitet war, zeigt sich unverändert: neutral.

Die Anlagerungsstelle der Kathode ist stark alkalisch, die Reaction schneidet scharf an der Grenze der Electrode ab. An der Anode zeigt sich eine sehr stark sauere Reaction, die sich in die intrapolare Strecke etwas herein verbreitet.. Jen-

seits der Anode in der extrapolaren Strecke ist noch eine kleine Strecke sauer, dann beginnt wieder die neutrale Reaction.

2. und 3.

Zwei Nervenmuskelpräparate wurden in umgekehrter Richtung auf die Platinelectroden aufgelegt. 2 kleinste Grove's ohne Nebenschliessung.

A. Strom im Nerven aufsteigend.

B. Strom im Nerven absteigend.

A hat nach 5′ starken Oeffnungstetanus, B ist bei Oeffnung ruhig und zeigt nur Schliessungszuckung. Nach dem Abschneiden der Nervenstrecke, an welcher bei A die Anode angelegen hatte, hörte der Oeffnungstetanus regelrecht auf.

An der Anode war bei A die Säure deutlich, sie kroch etwas in die intrapolare Strecke herein, dort folgte dann eine neutrale Partie, auf diese dann nur an der Kathode die alkalische. Der übrige Nerve war neutral.

Bei Nerve B war die Erregbarkeit nach 15 Minuten fast verschwunden, schwache Schliessungszuckung.

In der extrapolaren Strecke jenseits der Anode war der Nerve noch eine sehr kurze Strecke weit sauer, sonst neutral.

Das Nervenstück ausserhalb der Kathode war ganz neutral.

In der intrapolaren Strecke des Nerven verbreitete sich das Alkali sehr weit hinein etwa über die Hälfte des Nerven, die stark sauere Reaction an der Anode ist auf die Anlagerungsstelle beschränkt, zwischen der saueren und alkalischen Reaction in der intrapolaren Strecke ist noch ein neutrales Nervenstück.

Alle vielfältigen analogen Versuche ergeben das gleiche Resultat, dass die Säure und das Alkali nur an und um die Electroden selbst angehäuft sind, die weiter entfernt liegenden Nervenstrecken verändern ihre Reaction nicht.

---

Es zeigen die angestellten Versuche, dass:

die nachweisbare Veränderung der chemischen Reaction der Nervenoberfläche durch Electrolyse nur an der von dem constanten Strom direkt durchflossenen Nervenstrecke eintritt und in deren unmittelbarer Nähe.

Dieser Satz wird uns für unsere folgenden Betrachtungen von Bedeutung werden.

Gleichzeitig lehren die angestellten Versuche noch etwas Weiteres:

Der Oeffnungstetanus entsteht durch chemischen Reiz.

Vielleicht ist der electrische Nervenreiz meist wie hier ein chemischer.

Die Anhäufung der Säure, welche an der in ihrer Erregbarkeit gesteigerten Nervenstrecke an der Anode nach der Stromöffnung sich befindet und nun in den Nerven eindringt, muss auf den Nerven erregend wirken.

Bei absteigendem Strom kann der Oeffnungstetanus wegen der nach dem Oeffnen der Kette eintretenden starken Verminderung der Erregbarkeit in der früher katelectrotonischen Strecke nicht so leicht zur Erscheinung kommen. Dasselbe ist wohl der Grund warum das Alkalid an der Kathode nach dem Oeffnen der Kette, während es nun in den Nerven eindringt, nicht reizend wirken kann, die Nervenstrecke, auf die es einwirkt, befindet sich ja in dem Zustand herabgesetzter Erregbarkeit. Bei dem Schliessen der Kette scheint dagegen das entstehende Alkali wirklich als Reiz wirksam zu werden.

Es ist mit diesen Betrachtungen und Versuchen noch nicht erwiesen, dass der electrische Reiz stets nur ein chemischer ist, aber die Beobachtung, dass bei dem Oeffnungstetanus (mit Metallelectroden) unzweifelhaft der nach der Oeffnung der Kette andauernde Nervenreiz ein chemischer Stoff, Säure ist, macht diese schon von A. v. Bezold ausgesprochene Ansicht doch gewiss noch wahrscheinlicher.

Im ersten Capitel dieser Untersuchung S. 9 wurden Versuche erwähnt und einer derselben ausführlicher beschrieben, in welchen nach electrischer Reizung des ausgeschnittenen Nerven mit den Wechselströmen des Magnetelectromotors das direkt gereizte Nervenstück eine sauere Reaction angenommen hatte. Es wurde schon dort darauf hingewiesen, dass höchst wahrscheinlich diese Säure dem Hauptheile nach als durch Electrolyse entstanden angesehen werden müsste. Das bekannte Ueberwiegen der positiven Wirkung bei der gewöhnlichen Magnetelectromotorreizung macht wohl dieses Auftreten einer Säure als alleiniges electrolytisches Product verständlich. Wir sehen sonach, dass bei dem Reizen mit dem Magnetelectromotor ebenso wie bei dem Oeffnungstetanus eine Säure als eigentlicher Reiz angenommen werden könnte.

Dass Alkalien (Kali oder Natron) dem Nerven direkt applicirt Zuckungen erregen können, ist lange bekannt. Dass demnach das an der Kathode entstehende Alkali, wenn die Erregbarkeit des Nerven erhöht ist (Katelectrotonus) als Reiz gelten könnte, bedarf an sich keines weiteren Beweises. Es ist nur auffallend, dass während der geschlossenen Kette an der Kathode nicht immer eine Reizung stattfindet, während doch nach dem Oeffnen der Kette an der Anode durch das Eindringen der Säure ein lange anhaltender Tetanus erzeugt wird. Dass dagegen bei geschlossener Kette an der Anode durch die Säure keine Reizung stattfindet, ist nicht schwer begreiflich, dort ist nicht nur die Erregbarkeit vermindert, sondern der constante Strom hält auch, so lange er geschlossen ist, die Säure an der Nervenoberfläche fest und wir sehen, dass nur während des Eindringens der Säure in die Nervensubstanz eine Reizungsursache gegeben ist. So wie wir den Strom wieder schliessen fällt mit der neuen Anhäufung der Säure an die Berührungsstelle der Grund der eintretenden Reizung, das Eindringen der Säure in den Nerven, weg, der Oeffnungstetanus verschwindet. Legt man den Strom dagegen um, so kommt nun an die Stelle, an der Säure vorhanden ist, auch noch eine weitere Steigerung der Nervenerregbarkeit an der ehemaligen Anode hinzu, die Säure dringt fort und fort ein und wir sehen den Tetanus verstärkt.

Das Gesetz der chemischen Reizung lautet wahrscheinlich so: Sowohl im Momente des Aufbringens auf die Nervenoberfläche als bei dem Eindringen in die Nervensubstanz vermögen Alkalien und Säuren bei genügender Stärke als Reize zu wirken. Bei geringerer Stärke wirken sie jedoch nicht, wenn die von ihnen getroffene Nervenstrecke sich im Zustande herabgesetzter Erregbarkeit befindet.

Dass nach dem Umlegen des Stromes bei Oeffnungstetanus die electrolytische Säure an der Anode nicht sogleich neutralisirt ist, habe ich bei vielfältiger Prüfung stets gefunden, man sieht dann sauere und alkalische Reaction direkt am Nerven neben einander. Man muss sich dabei erinnern, dass bei

längerer Einwirkung des constanten Stromes die Säure (und das Alkali) sich etwas jenseits der Electroden sowohl in die intrapolare als extrapolare Strecke verbreitet, sodass bei der zuerst und an der Anlagerungsstelle der Kathode selbst entstehenden alkalischen Reaction für einige Zeit noch keine Neutralisation oder Verwandlung der saueren in eine alkalische Reaction eintritt.

## §. 2. Pflüger's Electrotonus lässt sich durch chemische Nervenveränderung nachahmen.

In dem vorstehenden § haben wir die Erscheinungen der Nervenelectrolyse bei Anwendung von Metallelectroden dargestellt und schon einen Schluss auf die Wirkungsweise der Electricität als Nervenerregungsmittel zu ziehen versucht.

In diesem § wollen wir noch weiter vorschreiten; es wird sich ergeben, dass wir durch Anwendung von Säure und Alkali auf den Nerven möglichst in der gleichen Weise wie sie bei der Electrolyse des Nerven entstehen, ganz analoge Phasen der Erregbarkeit des Nerven hervorrufen können, wie wir sie durch Anwendung des electrischen Stromes hervorzubringen vermögen, von dem wir wissen, dass er sowohl die Nervenerregbarkeit modificirt als auch Veranlassung zur Entstehung von Säure und Alkali am und im Nerven gibt.

Doch würde der Schluss immerhin, so wahrscheinlich er auch sein mag, noch nicht genügend gesichert sein, wenn wir aussprechen würden, dass die Wirkung des constanten electrischen Stromes allein in dieser äusserlichen Electrolyse bestünde, dass er sonst keine Mittel besitze, auf die Erregbarkeit der Nerven direkt einzuwirken *).

Wir werden im Gegentheile noch in der Folge unserer Betrachtung sehen, dass die Wirkungsweise der chemischen Stoffe auf den Nerven wenigstens bei der Veränderung, die sie auf die Erregbarkeit hervorbringen, höchst wahrscheinlich selbst eine electrische ist. Sodass wir also wohl verstehen können, wie auch ohne nachweisbares Auftreten electrolytischer Producte der electrische Strom in demselben Sinne gewissermassen für sich allein dieselben Veränderungen hervorzubringen vermag als jene.

Die Erzeugung des Electrotonus auf chemischem Wege kann sich der Erzeugung dieses Vorganges auf electrischem Wege mit unpolarisirbaren Electroden noch nicht als Erklärung desselben entgegen stellen, sie stellt sich ihr aber als ein ganz analoger Vorgang an die Seite und wir dürfen behaupten, dass sich stets bei dem electrischen Electrotonus der chemische Electrotonus mehr weniger stark einmischt, bei polarisirbaren Electroden kommt er überwiegend zur Beobachtung. —

Als ich die Versuche zur Erzeugung des Electrotonus auf chemischem Wege begann, arbeitete ich mit dem ganzen Apparate, den Pflüger zum Studium des electrischen Electrotonus angewendet und beschrieben hat.

*) Es scheint ganz unmöglich, die innere chemische Umgestaltung des Nerven durch den constanten Strom, die innere Polarisation chemisch nachzuahmen, die bei dem Electrotonus wohl sicher eine Hauptrolle spielt. Das erscheint als einer der Gründe, warum der electrische Strom für die Erzeugung des Electrotonus der chemischen Methode gegenüber im Vortheil bleibt.

du Bois'sches Rheochord, Pflüger's Fallhammer und Myographion, unpolarisirbare Electroden etc. etc.

Ich stand aber bald von diesem Apparate ab, da es sich zeigte, dass man diese Versuche, die selbstverständlich ja nur qualitativ sein können, auf viel einfacherem Wege mit genügender Sicherheit zur Anschauung bringen kann.

Schliesslich arbeitete ich nur noch mit dem Schlittenapparat, du Bois'schem Schlüssel und Platinelectroden und verglich den Reizerfolg nur mit dem Auge, indem ich bestrebt war einmal bei Herabsetzung der Erregbarkeit die Muskelzuckung bei gleichbleibender Reizstärke von einer bestimmten Höhe zu 0 herabsinken zu machen und andererseits bei Erhöhung der Erregbarkeit sie von 0 zu einer bestimmten Höhe, zum Tetanus ansteigen zu lassen.

Aus vielen Versuchen wähle ich zu Beispielen folgende aus, bei denen noch Anwendung von dem Pflüger'schen Apparate gemacht wurde.

Nach vielen vergeblichen Versuchen, mit concentrirteren Säuren zu Recht zu kommen, wendete ich hiebei eine sehr verdünnte Salpetersäure an, welche sich für den Nerven auch bei längerem Aufenthalt in ihr als unschädlich erwiesen hatte. Man muss diesen Concentrationsgrad stets erst herausprüfen, bei Salzsäure ist der Spielraum ein etwas weiterer. Weiter unten werden wir eine ganz einfache nie versagende Methode, den Säureanelectrotonus herzustellen kennen lernen.

## I.

## Versuche

### über Säure-Anelectrotonus.

1.

| | |
|---|---|
| Rheochordlänge | 140 M. M. |
| Zuckungshöhe | 4 » |
| Mit der verdünnten $NO_5$ an der oberen extrapolaren Strecke nahe den Electroden minimal betupft, Zuckungshöhe | 0 » |
| Rheochordlänge | 150 » |
| Zuckungshöhe | 1 » |
| Rheochordlänge | 160 » |
| Zuckungshöhe | 4 » |

2.

| | |
|---|---|
| Rheochordlänge | 100 M. M |
| Zuckungshöhe | 9,0 » |
| Mit $NO_5$ betupft zwischen dem Muskel und den Electroden, Zuckungshöhe | 6,5 » |
| Die $NO_5$ mit $NoO\,CO_2$ neutralisirt, Zuckungshöhe | 9,1 » |

---

Der Grund, warum ich diese Versuchsmethode aufgab, war ausser dem Obengesagten vor allem der, dass die Hervorrufung des Säure-Anelectrotonus (= die Verminderung der Nervenerregbarkeit durch Anbringen einer minimalen Säuremenge an eine ganz beschränkte Nervenstelle in der Nähe der reizenden Electroden, doch ohne dass sie davon berührt wurden) auf grosse Schwierigkeiten stiess, welche es wünschenswerth machten, die Versuchsme-

richtung möglichst zu vereinfachen, um die an sich schon schwierigen Versuche nicht auch noch weiter zu compliciren.

Die Verminderung der Nervenerregbarkeit durch Säuren gelang mir anfänglich nur schwer und unregelmässig, das liegt darin, dass, wie wir ja schon wissen, die Säuren, sowie sie in das Innere des Nerven eindringen, die Nervenerregbarkeit erhöhen. Es kann also nur dann die Erregbarkeitsverminderung durch Säuren in Erscheinung treten, wenn wir, was nach Capitel V fast unmöglich erscheint, sauere Flüssigkeiten verwenden, welche längere Zeit auf der Nervenoberfläche verweilen, ohne in die Nervensubstanz einzudringen.

Eine derartige Säure ist jene schon erwähnte verdünnte Salpetersäure, die man sich durch Einträufeln von concentrirter Salpetersäure in Wasser oder 0,7 % Natron-Salpeterlösung herstellt, sie enthält etwa 1 pro mille Säure. Wenn man ganz minimale Säuremengen an den Nerven bringt, so gelingt der Versuch jedoch auch mit concentrirter Salpetersäure recht gut, oft beobachtet man dabei aber sogleich primär eine Steigerung der Erregbarkeit. Durch Berührung des Nerven mit einem feuchten Splitterchen fester Oxalsäure gelang mir der Versuch der Erregbarkeitsverminderung ebenfalls fast regelmässig, und dieser Versuch ist darum von besonderer Wichtigkeit, weil hiebei die direkte Säurewirkung fast ebenso wie bei der Electrolyse auf einen kleinsten Punkt der Nervenoberfläche beschränkt bleibt. Ueberhaupt muss hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Säure-Anelectrotonus meist nicht wahrnehmbar entsteht, wenn man den Nerven in grösserer Ausdehnung mit Säure bestreicht, ein Pinsel, auch ein möglicht feiner, ist schon ein viel zu grobes Instrument zu diesem Zwecke. Am zweckmässigsten fand ich fein ausgezogene Glasfäden, die man in die Flüssigkeit eintaucht, dann ablaufen lässt, sodass man keine Flüssigkeit mehr anhaften sieht. Damit berührt man den Nerven nahe den reizenden Electroden sanft; es darf kein Tröpfchen auf dem Nerven sichtbar werden. Der Rollenabstand bei diesen Versuchen muss so gewählt sein, dass sie eine ziemlich schwache aber deutliche Zuckung der Unterschenkelmuskel hervorruft, diese wird durch die Anwendung der Säure zu Null herabgedrückt.

Schliesslich fand ich eine Säure, welche unter allen Umständen niemals den Dienst versagt, es ist das die Kohlensäure.

Um die Wirkung derselben auf einen kleinen Punkt des Nerven zu beschränken, wurde der Nerve auf einer Glasplatte, auf der die Electroden angebracht waren, mit plastischem Thon bedeckt, der mit 0,7 % Kochsalzlösung ziemlich feucht angemacht war. Nur ein kleines Stückchen Nerve nahe den Electroden blieb frei. Auf dieses Stückchen wurde mittelst einer feinen Röhre reines Kohlensäuregas geleitet. Nach ganz kurzer Zeit trat die uns schon aus den früheren Versuchen Capitel VI bekannte Herabsetzung der Nervenerregbarkeit durch Kohlensäure ein, die sich also auch auf eine einzelne Nervenstrecke beschränkt darstellen lässt*).

Die Hauptschwierigkeit, welche dem Säure-Anelectrotonus entgegensteht

*) Um die Säure-Anelectrotonus-Versuche zu wiederholen, wird es wohl am zweckmässigsten sein, mit den Wirkungen der Kohlensäure auf die Nervenerregbarkeit zu beginnen.

ist wie gesagt die, dass die Nervenerregbarkeit sowie die Säuerung in das Innere des Nerven fortschreitet, nicht herabgesetzt, sondern erhöht wird.

Dasselbe haben uns schon die früheren Versuche über die Nervenerregbarkeit durch Säuren für den ganzen Nerven gelehrt, hier sehen wir, dass dasselbe auch wie die Electrotonusphasen für eine kleinste Nervenstrecke innerhalb des sonst unversehrten Nerven Geltung hat.

Der Electrolyse gelingt es sehr einfach, die Säure an der Nervenoberfläche direkt nur an der Electrode festzuhalten; so lange der Strom geschlossen ist, kann sich die Säure nicht von den Electroden entfernen. Sowie wir den Strom aber öffnen, sehen wir sofort die uns bekannte erhöhende Wirkung der Säure auf die Erregbarkeit eintreten, die Säure dringt sogleich in das Innere des Nerven ein, es erfolgt der Zustand des abklingenden Anelectrotonus.

Bei dem chemischen Anelectrotonus haben wir kaum ein Mittel die Wirkung der Säure auf die Oberfläche zu beschränken, so kommt es, dass nicht selten bei unpassender Anwendung der Säure primär keine nachweisbare Veränderung der Erregbarkeit eintreten kann, oder dass sich sogleich das Eindringen der Säure geltend macht und nur Erregbarkeitserhöhung erfolgt.

Nur in der Kohlensäure haben wir eine Säure, welche für lange Zeit gar nicht in das Innere des Nerven eindringt, wie mir direkt darauf gerichtete Versuche sicher gelehrt haben. Es kann das Eindringen der Kohlensäure nur auf dem langsamen Weg der Gasdiffusion zwischen Atmosphäre und Nerveninhalt eintreten, der nur sehr langsam sein kann, da die Nervensubstanz, wie wir nachgewiesen haben, schon an sich Kohlensäure enthält.

Die Versuche zeigten, dass nach halbstündigem und längerem Aufenthalt des Nerven in Kohlensäure die sauere Reaction nur äusserlich dem Nerven anhaftete, während die Nervensubstanz selbst nach wie vor neutral mit einer Neigung zum Alkalischen reagirte. Sehr häufig fand sich sogar die Reaction des Nerven, der längere Zeit ($^1/_2$ Stunde) in einer reinen Kohlensäureatmosphäre sich befunden hatte, sogar äusserlich nicht an allen Stellen sauer, an den Partien, an denen etwas mehr Flüssigkeit (Lymphe und Blut) ansass, war die Reaction der Oberfläche noch deutlich alkalisch.

Das ist also auch die Erklärung dafür, warum wir zu unserem anfänglichen Erstaunen (cf. S. 100) bei der Kohlensäurewirkung kein Stadium der erhöhten Erregbarkeit wahrnehmen konnten, die äusserlich applicirte Kohlensäure dringt eben nicht in den Nerven ein und kann deshalb nicht dieselben Wirkungen hervorbringen wie die in die Nervensubstanz sehr rasch eindringenden flüssigen Säuren. —

Fassen wir das Resultat zusammen, so gestaltet es sich also folgender Massen:

Wenn wir Säuren in minimaler Menge an eine sehr kleine Nervenstrecke, an einen Punkt der Nervenoberfläche appliciren, so tritt (bei Kohlensäureanwendung regelmässig, bei den anderen Säuren in der Ueberzahl der Fälle) eine Herabsetzung der Erregbarkeit ein. Diese Herabsetzung der Erregbarkeit geht mehr weniger rasch in eine secundäre Erhöhung über (bei den concentrirteren

Säuren am deutlichsten, bei der Kohlensäure am wenigsten deutlich), von der dann die Nervenerregbarkeit zur Norm zurückkehrt (am deutlichsten, regelmässigsten bei der Kohlensäure).

Aus den unzähligen Versuchen, die ich zum Beweise dieses Satzes angestellt habe, will ich nur einige als Beispiele mittheilen.

## II.
## Weitere Versuche
### über Säure-Anelectrotonus.

#### I. Versuche mit Kohlensäure.

| 1. | Rollenabstand in M. M. |
|---|---|
| Minimal-Zuckung des frischen Nerven bei . . . . . | 16,0 |
| Nach 1 Minute Anwendung von Kohlensäure, aufsteigender Anelectrotonus: bei 16 M. M. Rollenabstand keine Zuckung. | |
| Nach 6 Minuten, die Erregbarkeit etwas erhöht gegen den frischen Zustand, Minimalzuckung bei . . . . . | 16,3 |
| **2.** | |
| Minimalzuckung des frischen Nerven bei . . . . . | 15,5 |
| Ein Strom $CO_2$ auf die freie Nervenstrecke geleitet, die Zuckungen hören auf nach $^3/_4$ — 1 Minute, absteigender Anelectrotonus: bei 15,5 keine Zuckung mehr. | |
| Nach $2^1/_2$ Minuten ist die alte Erregbarkeit wieder zurückgekehrt, sie ist nur minimal erhöht. Minimalzuckung bei . . . . | 15,6 |

#### II. Versuche mit concentrirter Salpetersäure.

| 3. | |
|---|---|
| Minimalzuckung des frischen Nerven bei . . . . . | 38,8 |
| Nach dem Betupfen mit concentrirter Salpetersäure, aufsteigender Anelectrotonus, bei 38,8 M. M. keine Zuckung. | |
| Nach 2 Minuten folgt auf die Herabsetzung die Erhöhung der Erregbarkeit (abklingender Anelectrotonus), Minimalzuckung bei . . . . . | 42,6 |
| Nach $2^1/_2$ Minuten. . . . . | 50,5! |
| **4.** | |
| Frische Minimalzuckung . . . . . | 34,2 |
| Nach der Betupfung mit $NO_5$ conc. bei 34,2 M. M. keine Zuckung. | |
| Nach 1,8 Minuten ist die Erregbarkeit erhöht, Minimalzuckung bei | 36,2 |

#### III. Versuche mit fester Oxalsäure.

| 5. | |
|---|---|
| Nerve deutlich und stark erregt bei . . . . . | 33,0 |
| Ein feinstes Splitterchen von Oxalsäure aufgelegt über den reizenden Electroden (aufsteigend), bei 33 M. M. keine Zuckung mehr, es erfolgt aber deutliche Zuckung bei . . . . . | 31,0 |
| Die Herabsetzung also von 33 zu 31 M. M., dann nimmt die Erregbarkeit wieder zu. | |

| 6. | Rollenabstand in M. M |
|---|---|
| Deutliche Zuckung des frischen Nerven bei . . . . . | 33,2 |
| Mit einem Splitterchen Oxalsäure berührt, bei 33,2 keine Zuckung mehr. Sie tritt erst ein bei . . . . . | 31,5 |
| $^1/_2$ Minute später bei . . . . . | 29,5 |
| Dann steigt die Nervenerregbarkeit wieder. | |
| Bis die Oxalsäurewirkung eintritt vergeht öfters einige Zeit, etwa $^1/_2$ Minute. | |

Ganz so sind die anderen angestellten Versuche und ihre Ergebnisse. Die Beispiele werden genügen, um eine richtige Vorstellung von ihnen zu geben. —

Wenn wir mit dem Nachweise, dass die Wirkung der Säure an der Stelle der Anode die gleichen Erregbarkeitsveränderungen am Nerven hervorbringt wie die Anode des constanten Stromes selbst, zu Anfang einige Schwierigkeit gehabt haben, so ist der Nachweis, dass Alkali an der Stelle der Kathode die gleiche Wirkung hat wie die Kathode des constanten Stromes um so leichter. Um sich vorläufig ein Bild von den obwaltenden Verhältnissen bei dem chemischen Electrotonus zu machen, ist es wohl am räthlichsten mit dem Alkalikatelectrotonus die Versuche zu beginnen.

Bei diesen Versuchen stellt man die Rollen am besten so ein, dass eben keine Zuckung am Nerven erfolgt. Nun berührt man den Nerven auf- oder absteigend am besten mit einem feinsten Splitterchen festen Kalihydrates, der Erfolg ist ausnahmslos momentan: die Rollenstellung, welche anfänglich keine Zuckung auslöste, erregt nun heftigsten Tetanus. Nach einiger Zeit beginnt die Erregbarkeit wieder zu sinken, sie sinkt unter die Erregbarkeit des frischen Nerven und hebt sich dann langsam wieder.

Wir haben hier also vollkommene Uebereinstimmung des Kalikatelectrotonus mit dem Katelectrotonus selbst.

So lange das Alkali auf der Nervenoberfläche sich befindet, sehen wir starke Erhöhung der Nervenerregbarkeit in der Nähe der veränderten Stelle: Katelectrotonus; so wie es in das Nerveninnere eindringt, sehen wir die Erregbarkeit zuerst herabgesetzt, um später wieder zu steigen: abklingender Katelectrotonus.

Die Versuche gehen auch vortrefflich mit flüssigen Alkalien, auch mit kohlensauerem Natron. Man thut, um beide Wirkungen des Alkali zu sehen, am besten Minimalmengen der concentrirten Substanzen anzuwenden, was auch für die Säurewirkung, wie die obigen Versuche zeigen, am zweckmässigsten wäre, wenn hier die secundäre Erregbarkeitssteigerung nicht störte.

Auch hier sollen einige Versuchsbeispiele angeführt werden*).

*) Es braucht nicht erst direkt gesagt zu werden, dass an die Electroden selbst keine Spur der angewendeten Flüssigkeiten kam. Es wurde auch hier ebenso wenig ein Tropfchen auf den Nerven gebracht wie bei den Säureversuchen, es wurde der Nerve mit dem eingetauchten aber äusserlich trocken scheinenden Glasfaden nur berührt. Es hat also ein etwa am Nerven über den Electroden haftendes Tröpfchen keinen Antheil an dem veränderten Reizerfolg. Bei der Kohlensäurewirkung fällt dieser etwaige Verdacht an sich ganz hinweg; Säure und Alkali wirken ja übrigens auch entgegengesetzt.

## III.

## Kali-Katelectrotonus-Versuche.

1.

Mit concentrirtem Kali wurde mittelst eines feinsten Glasfadens der Nerve über den Electroden berührt (aufsteigender Katelectrotonus).

4 mal an demselben Nerven*) trat eine sehr starke Erregbarkeits-Erhöhung ein, die nach einiger Zeit verschwand und einer Erregbarkeitsverminderung Platz machte, die dann wieder in kürzester Zeit in ein Ansteigen der Erregbarkeit umschlug.

Einer der 4 Versuche ergab z. B. folgende Zahlenwerthe:

| | Rollenabstand in M. M. |
|---|---|
| Minimalzuckung des frischen Nerven bei . . . . . | 32,2 |
| Nach der Kaliberührung der heftigste Tetanus bei . . . . . | 32,2 |
| Nach 1 Minute Minimalzuckung bei . . . . . | 26,0 |
| Nach 2½ Minuten bei . . . . . | 31,0 |

2.

Absteigender Kali-Katelectrotonus. Mit concentrirter Kalilösung berührt unterhalb der Electroden.

| | Rollenabstand in M. M. |
|---|---|
| Minimalzuckung des frischen Nerven bei . . . . . | 37,0 |
| Mit Kali berührt sogleich heftigster Tetanus bei . . . . | 37,0 |
| Minimalzuckung bei . . . . . | 43,1 |
| Nach 4 Minuten, die Minimalzuckung gesunken auf . . . . . | 33,5 |
| Nach 1 Minute wieder . . . . . | 37,8 |

---

So wie die Kaliwirkung zu energisch ist, sieht man die Wiederkehr der normalen Erregbarkeit nicht deutlich, es zeigt sich dann nur die momentane Steigerung der Erregbarkeit und das nach einiger Zeit eintretende Sinken. Die Nerven werden nicht selten durch das Kali constant gereizt, es erfolgen Muskelzuckungen durch die Flächenberührung des Nerven mit Kali.

Die Versuche der beiden letzten §§ haben sonach gezeigt, dass die gleichen Erscheinungen der Erregbarkeitsveränderungen der Nerven, die durch den constanten Strom erzeugt werden: der Electrotonus mit seinen Erscheinungen bei geschlossener Kette und seinem Abklingen, auch durch die electrolytischen Producte, welche der constante Strom am und im Nerven erzeugt, durch Säure und Alkali hervorgerufen werden können.

Es wurde schon einleitend zu diesem § bemerkt, dass damit noch nicht erwiesen ist, dass der Electrotonus nur auf diesen chemischen Nervenänderungen beruhe, oder dass diese Wirkung der chemischen Producte der Electrolyse auch eine rein chemische sei.

---

*) Das direkt beschmutzte Stück des Nerven wurde stets vor jedem neuen Versuch abgeschnitten.

Für einen Theil der Erscheinungen freilich ist diese letztere Ansicht kaum zurückzuweisen.

Wir haben bei allen unseren Versuchen gesehen, dass die Primärwirkung der Säuren im Nerveninhalte eine Erregbarkeitssteigerung sei. Wenn wir also bei dem abklingenden Anelectrotonus bei dem Eindringen der anfänglich nur äusserlich angehäuften Säure in das Nerveninnere eine Erregbarkeitssteigerung wahrnehmen, so liegt der Gedanke sicher sehr nahe, dass wir es hier wie dort mit der gleichen Erscheinung zu thun haben.

Wir haben jedoch gefunden, dass alle chemischen (und mechanischen) Alterationen des Nerven primär eine die Erregbarkeit steigernde Wirkung haben, warum verhält sich hier aber das Alkali ganz anders als die Säuren in den letztmitgetheilten Versuchen?

Man kann sich nun nicht mehr mit einem Auswege der Erklärung behelfen der etwa aus den durch die chemischen Stoffe bewirkten Wasserentziehung respect. Wasserabgabe die Erregbarkeitsveränderungen ableiten wollte. Wenn derartige Momente neben der direkten chemischen Alteration auch sich sicher in das Versuchsergebniss einmischen werden, so wissen wir jetzt, dass Wasseraufnahme und Wasserabgabe auf die Nervenerregbarkeit primär auch im gleichen Sinne einwirken.

Die Ueberlegung führt zu dem Gedanken, dass wir es hier, so fern liegend die Meinung auch auf den ersten Blick scheinen möge, doch mit einer electromotorischen Wirkung der Producte der Electrolyse zu thun haben könnten.

Dass durch das Aufbringen von Säure oder Alkali an den neutral reagirenden Nerven electrische Strömungserscheinungen erzeugt werden, ist an sich unwidersprechlich, aber ich möchte nicht behaupten, dass wir den Grund der mitgetheilten Erscheinungen in Strömungen dieser Art zu suchen hätten. Mir scheinen die Verhältnisse viel complicirter, wie in dem folgenden § auseinander gesetzt werden soll.

Ehe ich zu weitern Untersuchungen übergehe, habe ich jedoch noch einen Einwurf gegen die vorstehenden Versuche zu beseitigen, der sehr nahe liegend ist.

Aehnliche Beobachtungen wie die Vorstehenden wurden bekanntlich schon von Al. v. Humboldt in seinen Versuchen über die gereizte Muskel- und Nervenfaser (Bd. II. S. 351 ff.; Pfaff bezieht sich direkt auf Bd. II. S. 370, 398, 399 etc. mitgetheilt. Es hatte sich bei ihnen auch eine Erregbarkeitsveränderung durch Alkalien, Säuren und Schwefelleber etc. ergeben, welche von Humboldt ganz in demselben Sinne als wahre Erregbarkeitsmodificationen gedeutet wurden, wie es im Vorstehenden geschah.

Diese Angaben fanden in der Folge jedoch keine weitere Beachtung und zwar vor allem darum, weil kurze Zeit nach dem Erscheinen der Humboldt'schen Versuche (1799) diese in der gegründetsten Weise durch Pfaff im ersten Bande des nordischen Archiv's für Natur- und Arzeneiwissenschaft (S. 17 ff.) angegriffen wurden. Bedeutende Autoritäten stellten sich auf die Seite Pfaff's. So sagt Johannes Müller in seinem Lehrbuch (4. Aufl.) S. 545:

»Nach früheren Versuchen war es wahrscheinlich, dass es Stoffe gebe, welche die Reizbarkeit der Nerven erhöhen, und die Heilkunde erwartete von

diesen Versuchen einen grossen Erfolg. Man beobachtete eine stärkere Wirkung der galvanischen Action nach Befeuchtung der Nerven mit Aqua oxymuriatica und alkalischen Solutionen und schloss daraus, dass die Reizbarkeit der Nerven durch jene Feuchtigkeiten erhöht werde. Die Beobachtung ist richtig, aber die Erklärung ist jetzt eine andere. Pfaff hat durch Versuche erwiesen, dass die mehrsten jener Stoffe nicht durch Erhöhung der Reizbarkeit wirken, sondern indem sie als Glieder der galvanischen Kette den galvanischen Reiz selbst vermehren, und die galvanische Action bei derselben Stärke der Reizbarkeit erhöhen, jene Feuchtigkeiten wirken daher nur immer stärker als das Wasser, welches zur galvanischen Action als Leiter nöthig ist. Die Heilkunde hat auch ihre Hoffnung auf Mittel, welche die Kraft der Nerven verstärken, ganz aufgegeben, und diese Mittel leisten das, was sie sollen, nur in Lehrbüchern der Materia medica.«

Der Aufsatz Pfaff's scheint wirklich vollkommen schlagend. Er ist mit einer wissenschaftlichen Ueberlegenheit geschrieben, die an die Angriffe Volta's gegen Galvani's anfängliche Versuche über angebliche thierische Electricität erinnert. Aber wir haben hier auch den gleichen Fehler wie dort.

Die Humboldt'schen Versuche sind in Wahrheit nicht mit der nöthigen Vorsicht angestellt, sie lassen wenigstens zum Theil die Deutung, die Pfaff ihnen gibt, zu, der durch sie auf die Entdeckung der electromotorischen Wirkungen der Alkalien geführt wurde; trotzdem enthalten sie das Richtige.

Pfaff wendet sich von den Versuchen Humboldt's nur gegen diejenigen, welche eine Erhöhung der Nervenerregbarkeit ergeben hatten. Er beweist, dass bei Berührung der mit Alkalien, Schwefelleber und oxygenirter Kochsalzsäure befeuchteten (noch feuchten) Nerven mit einem gleichartigen Metallbogen (Silbersonde) zwischen den genannten chemischen Agentien und dem Silber ebenso electrische Strömungen entstehen, als hätte man den Nerven nicht mit den genannten Stoffen sondern mit einem Metalle armirt. Wenn demnach der unbefeuchtete Nerve durch die Berührung mit der Silbersonde nicht gereizt wurde, so kann er, wenn er mit einer der genannten Substanzen befeuchtet ist und die Sonde diese befeuchtete Stelle berührt, eine Zuckung geben, nicht weil der Nerve erregbarer geworden wäre, sondern nur darum, weil der electrische Reiz, der auf ihn einwirkte, nun durch die Wirkung der chemischen Stoffe auf das Silber verstärkt wurde.

Dieser Beweis ist mit aller Schärfe geführt, er ist unbestreitbar.

Nichts destoweniger zeigen die im Vorstehenden mitgetheilten Experimente, dass die so schlagend widerlegten Ansichten Humboldt's doch Wahrheit enthielten.

Bei meinen Versuchen über Erhöhung der Reizbarkeit durch Alkalien und andere chemische Stoffe ist der Verdacht, dass sie im Sinne Pfaff's als Kettenglieder wirksam hätten werden können, vollkommen ausgeschlossen. Es ergibt sich das aus der Darstellung Pfaff's selbst, auf die wir hier direkt eingehen wollen.

S. 96 a. a. O. sagt er von seinen Versuchen:

»Ward der Nerve unmittelbar mit Oleum tartari per deliquium benetzt, so zeigte sich allerdings ein schwächerer galvanischer Reiz wieder wirksam,

z. B. Silber und Gold, Silber und Kupfer, auch wenn vorher keine Zuckungen hervorgelockt worden waren, es blieb aber hiebei immer der Zweifel, ob nicht in solchen Fällen das Oleum tartari per deliquium selbst als eine günstigere Nervenarmatur mitgewirkt habe, so wie z. B. Silber und Kupfer wieder Zuckungen erregen, wenn der Nerve mit Zink armirt wird, und nun die Verbindung des Kupfers mit dem Nerven durch das Zink geschieht. In diesem Falle wirken nehmlich nicht Kupfer und Silber mit einander, sondern Silber und Zink, weil sie es sind, welche die feuchten thierischen Theile unmittelbar bewaffnen. Findet aber nicht derselbe Fall bei Benetzung des Nerven mit Oleum tartari per deliquium statt? Umhüllt dieses nicht gleichsam den Nerven als eine wirksamere Armatur gleich Zink, und wirkt nunmehr bei Application schwacher Excitatoren, z. B. des Silbers und Kupfers, das Silber nicht vielmehr mit dem Alkali, mit welchem es blos durch das Kupfer als ein leitendes Zwischenglied verbunden wird. Dieser Zweifel wird durch Herrn von Humboldt's Versuche auf keine Art weggeräumt. Wirkte das Oleum tartari per deliquium durch eine Stimmung, Erhöhung der Erregbarkeit, so müsste sich der ganze Effect auch zeigen, wenn der Nerve vor der Anwendung des schwächeren galvanischen Reizes wieder sorgfältig abgetrocknet worden wäre. Dies fand ich wenigstens in meinen Versuchen nicht, und Herr v. Humboldt wandte jederzeit seine schwächeren Excitatoren an, so lange der Nerve noch mit dem Oleum tartari per deliquium oder mit einem anderen chemischen Stoffe, durch welche die Reizempfänglichkeit erhöht worden sein sollte, befeuchtet war.«

Von der oxygenirten Kochsalzsäure, die auch Erregbarkeit erhöhend wirken sollte, sagt Pfaff: a. a. O. S. 30:

»Auch hier hing der ganze Effect von der unmittelbaren Berührung der oxygenirten Kochsalzsäure ab, und er stellte sich gleichmässig ein, wenn ein Tropfen derselben auf ein Stückchen Muskelfleisch, das auf dem Nerven lag, gebracht wurde, und wenn nach Austrocknen desselben keine Zuckungen mehr sich zeigten, so lockte jeder neue Tropfen dieselben hervor.«

Dieselbe Methode diente auch zum Nachweis der electromotorischen Wirkung von Silber und Alkali.

Meine Versuche werden von den Einwürfen Pfaff's in keiner Weise getroffen.

Niemals berührten bei meinen Versuchen die Electroden die direkt chemisch veränderte Stelle, sodass keine Kette zwischen Electroden und chemischem Stoffe vorhanden war. Alle meine Versuche zeigen, was Pfaff nicht finden konnte, eine Wirkung der chemischen Alteration auf entferntere Nervenstrecken, die äusserlich chemisch nicht verändert waren.

Der sinnreiche Angriff Pfaff's leidet jedoch an einer theoretischen Schwäche, die, wenn ich mich nicht irre, auch Pfaff selbst nicht entgangen ist.

Ueberall ist in der ganzen Entgegnung nur von der die Erregbarkeit steigernden Wirkung der von Humboldt angegebenen chemischen Stoffe die Rede. Nur ganz im Anfang geschieht der Säuren flüchtig Erwähnung, ohne ihre entgegengesetzte Wirkung auf die Nerven zu besprechen. Wenn einige chemische Stoffe als Kettenglieder wirksam werden und damit einen Reiz verstärken sollen, der auf den Nerven einwirkt, warum wirken nicht andere chemische Stoffe ebenso reizverstärkend ein, von denen es Pfaff nicht entgangen sein

kann, dass sie in electrischer Beziehung sich zu Metallen ganz ebenso verhalten wie die Alkalien, Schwefelleber und oxygenirte Kochsalzsäure?

In dem Verschweigen dieses Umstandes scheint mir eine Absichtlichkeit kaum zu verkennen. Es musste ja auch die Wirkung des Einwandes gegen Humboldt's Versuche sehr geschwächt werden, wenn es sich zeigte, dass dieser Einwand nicht alle physiologischen Erscheinungen, auf die es hier ankommt, zu erklären im Stande sei.

Es war ein unabweisbarer Erklärungsgrund gefunden für die scheinbar wichtigste Classe der fraglichen Erscheinungen. Es ist leicht erklärlich, dass unter der Wucht dieser Gründe die sich bemerklich machenden Ausnahmen von dieser Erklärung keine weitere Berücksichtigung fanden. Es ging jedoch dadurch mit dem Falschen gleichzeitig das Wahre an den Beobachtungen Humboldt's zu Verlust. Der Einwand Pfaff's musste absolut erscheinen, obwohl er nur einen Theil der beobachteten Erscheinungen betraf.

Dass Pfaff die Erhöhung der Erregbarkeit des Nerven nach dem Abtrocknen des Nerven, der vorher mit Alkali befeuchtet war, nicht mehr nachweisen konnte, kann uns nicht in Erstaunen setzen, da wir jetzt wissen, wie rasch diese Erregbarkeitssteigerung in eine Herabsetzung der Erregbarkeit umschlägt, die dann wieder zur normalen Erregbarkeitshöhe zurückführen kann.

Nach den nun gewonnenen Gesichtspunkten fällt auch eine der Schwierigkeiten hinweg, welche die Steigerung der Erregbarkeit für Pfaff u. A. hatte. Hätten sie gewusst, dass diese Steigerung, die sie für eine Steigerung der Lebensenergie der Nerven halten mussten, nichts ist als ein Beweis von eingetretener Schwächung des Nervenlebens, nichts als eine allgemeine Erscheinung aller schwächeren Nervenalterationen, eine Ermüdungs- und Absterbenserscheinung, sie hätten sich den Beobachtungen nicht in der Weise widersetzt, wie sie es gethan haben.

Jetzt ist uns die Wirkung der äusserlich auf den Nerven gebrachten Säuerung, die Pfaff mit Stillschweigen übergeht, weit wichtiger. Die von ihr erzeugte Herabsetzung der Erregbarkeit hat viel mehr Analogie mit einer Verstärkung der Nervenlebenseigenschaften als jene Erhöhung der Erregbarkeit, die nur als ein Zeichen der Nervenschwäche anzusehen ist.

Schliesslich mache ich zum Ueberfluss noch einmal darauf aufmerksam, dass nach der Deutung Pfaff's die von mir beobachtete Umkehr der Wirkungen der chemischen Stoffe, sowie sie von der Nervenoberfläche in das Nerveninnere eindringen, die sich auf der einen Seite als eine Erhöhung (Säuren) auf der anderen als eine Verminderung (Alkalien) der Nervenerregbarkeit zeigt, durchaus unverständlich bleiben würde. Wenn die Substanzen einfach als Kettenglieder der reizenden Kette wirken, so müssen sie das natürlich nach wie vor im gleichen Sinne thun. Der electrische Electrotonus würde übrigens der electrolytischen Wirkung des constanten Stromes wegen von Pfaff's Kritik ebenso getroffen wie unser chemischer.

Trotz dieser Widerlegung des Pfaff'schen Einwurfes scheint auch mir die Wirkung der geprüften chemischen Stoffe im letzten Grunde eine electrische zu sein.

Im folgenden Capitel soll dieser Gedanke ausgeführt werden.

# Capitel IX.

## Der Nervenstrom in seinem Verhältniss zu chemischen Aenderungen der Nervensubstanz.

### §. 1. Vorbemerkungen über eine chemische Theorie des Muskel- und Nervenstromes.

Seit der Entdeckung der electromotorischen Eigenschaften der Muskeln und Nerven und ihrer Gesetzmässigkeit, im Zusammenhange mit den übrigen Lebenseigenschaften dieser Gewebe durch E. DU BOIS-REYMOND, war es eine der wichtigsten Fragen der experimentellen Physiologie, den letzten Grund für die Entstehung dieser electrischen Ströme aufzufinden.

Es ist klar, dass es sich für die Erklärung der electrischen Kräfte in den fraglichen Organen fast einzig nur um chemische Ursachen handeln könne*).

E. DU BOIS-REYMOND weist in seinem Fundamentalwerke darauf hin, dass sich die Gewebsströme und ihre Veränderungen vielleicht aus einer Wechselwirkung von Säure und Alkali wie die Ströme der Säure-Alkali-Kette erklären lassen würden. In seiner Molecularhypothese vergleicht er die supponirten Ungleichartigkeiten mit Zink und Kupfer. Muskel und Nerve stellen sich nach ihr zusammengesetzt aus kleinsten, regelmässig neben einander gelagerten Zinkkupferketten, beweglich eingebettet in eine leitende Flüssigkeit, dar.

Seit den Versuchen BUFF's, die electrischen Ströme der Gewebe auf chemische Differenzen zwischen dem alkalischen Blute und dem sauer geglaubten Muskel zurückzuführen, welche an dem Nachweise DU BOIS-REYMOND's scheiterten, dass der electromotorisch wirksame Muskel nicht sauer sondern alkalisch reagirt, und dass im Gegensatze mit der BUFF'schen Hypothese (JUSTUS LIEBIG, chemische Untersuchung über das Fleisch, S. 83), gerade wenn der Muskel durch Absterben sauer geworden ist, wobei das Blut alkalisch bleibt, kein electrischer Strom mehr nachweisbar ist, — sind bis in die neueste Zeit keine Untersuchungen über diese wichtige Frage veröffentlicht worden.

In meiner Untersuchung über den Tetanus habe ich im Capitel XVII, S. 404 — 449 nachgewiesen, dass die Stärke der electromotorischen Wirkung des Muskels abhängig ist von der normalen chemischen Zusammensetzung desselben. Die Anhäufung der ermüdenden Stoffe: Milchsäure und saueres phosphorsaueres Kali in dem Muskelsafte setzen die electromotorischen Eigenschaften des Muskels herab, vernichten sie, und sind sogar im Stande, eine Umkehr der normalen Strömungsrichtung hervorzubringen. Dasselbe thut wie es scheint gallensaueres Natron und auch die neutralen Kalisalze. In der citirten Abhandlung müssen die Cautelen des Versuchs, der Nachweis, dass es sich bei ihm

*) Cf. darüber noch Capitel X.

nicht um äusserliche Verunreinigung, Parelectronomie, Veränderung des Leitungsvermögens etc. handele, nachgesehen werden.

S. 407 heisst es dort:

»Es ist klar, dass der Bau des Muskels, der, wie E. du Bois-Reymond nachgewiesen hat, aus Massentheilchen besteht, die eine ganz bestimmte, ich möchte sagen gegliederte Anordnung ihrer electromotorischen Eigenschaften besitzen, nur so gedacht werden kann, dass der electromotorischen Massenanordnung eine ebenso complicirte chemische Constitution entspreche, welche letztere wohl als die Ursache der ersteren angesehen werden muss.«

Aus der Entdeckung des letztgenannten Forschers geht hervor, dass während des Absterbens der Muskelsaft sauer wird, ebenso durch fortgesetzte Muskelaction; in beiden Fällen zeigt sich eine Abnahme, Verschwinden, im ersteren Falle auch eine Umkehr des electrischen Stromes des Muskels. Mein Nachweis, dass der electrische Gewebsstrom schon durch die Anwesenheit der Säure im Muskel allein dieselben Veränderungen erfährt, wie durch Absterben und Tetanus, zeigt, dass die Einwirkung dieser physiologischen Zustände auf den Muskelstrom vielleicht einzig und allein von dem Auftreten der saueren Reaction im Muskelsafte abhängig ist.

Der oben angedeutete chemische Bau der electrischen Muskelmolecüle lässt sich entsprechend der Säure-Alkali-Kette etwa so denken, dass dem Kupfer der Molecüle eine schwächere Säure, dem Zink Alkali entspreche. Nehmen wir an, dass in dem scheinbar vollkommen neutralen oder schwachalkalischen Muskelschlauche beständig an bestimmten von einander durch alkalische Partien getrennten, reihenweis gelagerten Punkten eine Säureentwickelung stattfinde. Diese Säure könnte, ohne die Entstehung der Ströme zu beeinträchtigen, sogleich nach ihrem Auftreten wieder vollkommen neutralisirt werden; der Grund der Electricitäts-Entwickelung in den Säure-Alkali-Ketten ist ja kein anderer als das Freiwerden von Spannkräften bei der Neutralisation, bei der Vereinigung der Säure und der Base zu einem Salze. So kann der ruhende Muskel, in welchem die fortwährende Säureproduction nur eine geringe ist, fort und fort electromotorische Kräfte entwickeln. Das Verhältniss wird anders, wenn die Säureproduction einen stärkeren Grad erreicht. Dann bleibt die sauere Reaction wohl nicht mehr auf den Ort ihrer Entstehung beschränkt, sie greift auch auf die alkalischen Zwischenstücke der Kette über, das Alkali verschwindet ganz, der Muskelsaft wird sauer, — die Ketten, deren Flüssigkeiten nun mehr und mehr, endlich vollkommen gleichartig geworden sind, arbeiten schwächer und hören schliesslich auf zu functioniren. Mit der Neutralisation der Säure, oder mit dem Ausspülen derselben aus dem Muskel kann die electrische Wirksamkeit der Molecüle von Neuem beginnen, wenn der Muskel fortfährt in normaler Weise seine chemischen Vorgänge wie im Leben zu regeln.

Das Wirksamwerden der Milchsäure und geringer Dosen von sauerem phosphorsauerem Kali (und anderer sauerer Salze und Säuren) auf den Muskelstrom beruht vielleicht auf dem Gleichförmig-Sauerwerden des Muskelsaftes, wodurch die kleinen, moleculären Säure-Alkali-Ketten zerstört werden.

Es ist mehr als wahrscheinlich aus Gründen, die zum Schlusse gegeben

werden sollen, dass die im lebenden Muskel stattfindende Säureproduction, als welche, so lange sie wie in der Ruhe des Organes eine bestimmte Grenze nicht überschreitet, von den durch Blut und Lymphe neutral oder schwach alkalisch gehaltenen Muskelpartien sogleich neutralisirt wird, und die sich erst dann zeigen kann, wenn sie entweder momentan sehr gesteigert wird (Tetanus), oder wenn durch Aufhören der Circulation die Erneuerung der Alkalinität des Muskels aus Blut und Lymphe nicht mehr genügend stattfindet (Todtenstarre), — an der Grenze der im Muskel vorhandenen, regelmässig geordneten Körperchen, der Disdiaclasten Brücke's eintritt. Die Regelmässigkeit des anatomischen Baues des Muskelcylinders wäre dann die Ursache der gesetzmässigen Regelmässigkeit des Muskelstromes; eine Behauptung, die schon H. Munk, ohne sie zu beweisen*), aufgestellt hat. Am Nerven findet vielleicht eine Säureproduction an der Grenze des Axencylinders und Nervenmarkes statt, wodurch in dem alkalischen Nervensafte auch das Entstehen einer ganz regelmässigen Säure-Alkali-Kette gegeben wäre, welche, ebenso wie jedes Muskelpartikelchen, auch in jedem Nerven- und Nervenfaserstückchen sich in gesetzmässiger Weise geltend machen könnte. Vielleicht wirkt auch das stark alkalisch reagirende reichliche Bindegewebe, das die neutralen Nervenfasern umgibt und verbindet und, wie man auf gefärbten mikroskopischen Nervenquerschnitten gut sehen kann, ganz regelmässig gelagert ist, bei dem lebenden Nerven zur Stromerzeugung mit**).

Von der eben vorgetragenen chemischen Hypothese der Erzeugung und Veränderung der electrischen Gewebsströme sieht man sogleich, dass sie in dieser einfachen Form noch nicht im Stande ist, alle die Eigenthümlichkeiten, welche du Bois-Reymond an den Strömen der electromotorisch wirksamen Gewebe entdeckte, vollkommen zu erklären. Sie enthält aber wohl schon jetzt einige Momente, auf welche die chemische Theorie der electrischen Muskel- und Nervenkräfte aufgebaut werden könnte, die schliesslich mit der du Bois-Reymond'schen electrischen Molecularhypothese in vollkommene Harmonie treten muss.

Ich habe versucht, Beweise für die Richtigkeit der chemischen Hypothese aufzufinden, die ich in Folgendem mitzutheilen gedenke.

## §. 2. Die Wirkung der bei dem Tetanus eintretenden Säuerung des Nerven auf den Nervenstrom.

In den Untersuchungen über den Tetanus wurde es sehr wahrscheinlich, dass die Säuerung des Muskelsaftes bei der Muskelthätigkeit sich an der Abnahme des Muskelstromes, an der negativen Schwankung desselben bei der Contraction in wesentlichster Weise betheilige.

Nachdem der Nachweis gelungen ist, dass die viel angezweifelte analoge Säuerung des Nerven bei der Nervenaction wirklich besteht, ist es auch hier mehr als wahrscheinlich, dass auch diese während der Nerventhätigkeit im

*) H. Munk. Gött. Nachr. 1858. Feb.; und: De fibra musculari 1859. Diss. Berlin. Eine Kritik der Munk'schen Angaben findet sich: Kölliker, Gewebslehre IV. Aufl. S. 190.

**) Cf. darüber Capitel X.

Nerven vor sich gehende Reactionsveränderung eine analoge Betheiligung haben werde an der negativen Schwankung des Nervenstromes.

Bei den Strychninkrämpfen sehen wir die Säuerung der Nerven spontan eintreten aus inneren chemischen Veränderungen, dasselbe ist unstreitig bei dem electrischen Tetanus des Gesammtthieres der Fall.

Im ersten Capitel S. 9 haben wir auch nachweisen können, dass ein ganz analoges (wahrscheinlich aber zum Theil auf modificirter Electrolyse beruhendes, cf. S. 10) Sauerwerden eintritt, wenn man einen ausgeschnittenen Nerven auf Platinelectroden mit dem Schlittenapparate bis zur Erschöpfung tetanisirt. Während der zweite Nerve, ausgeschnitten unter einer feuchten Glocke aufbewahrt, alkalische Reaction zeigt, ist, wie a. a. O. erwähnt, der tetanisirte Nerve sauer geworden und zwar, worauf Werth gelegt werden muss, durch seine ganze Masse hindurch.

Bei der Prüfung der Reaction des ausgeschnitten tetanisirten Nerven zeigte es sich nun, dass nur das direkt den Electroden anliegende Nervenstück sauer reagirte, während der übrige Nerve noch eine alkalische Reaction besass.

Um den Tetanus in seiner Stärke zu controlliren, sass der Nerve noch an dem Unterschenkel an. Hätte ich — so war meine Ueberlegung — den Nerven auf die Bäusche am Multiplicator gebrückt und die negative Schwankung am Multiplicator beobachtet, so würde ich auch nur ein Sauerwerden des über dem abgeleiteten Nervenstücke befindlichen, über die Electroden gebrückten, direkt gereizten Stückes erhalten haben, während die Reaction des abgeleiteten Stückes des Nerven keine Veränderung erfahren hätte. Wir haben es also, wenn die negative Schwankung des Nervenstromes wirklich auf dem beobachteten Auftreten der Säure beruht, mit einer Wirkung der Säure in die Ferne zu thun, welche wir uns unter dem Bilde der Drehung der electrischen Molecüle, wie sie DU BOIS-REYMOND gelehrt hat, vorstellen können.

Es musste der Versuch gemacht werden, ob durch künstliche Säuerung des nicht abgeleiteten Nervenstückes eine negative Schwankung zu erzielen sei.

Anstatt auf die Electroden einer tetanisirenden Kette wurde das nicht abgeleitete Nervenstück auf eine Glasplatte gelegt und hier vorsichtig, ohne dass die Säueren den Zuleitungsbausch berührten, mit concentrirter Milchsäure mit sauerem phosphorsauerem Natron, Salzsäure, Salpetersäure, Oxalsäure etc. bestrichen. Alle angewendeten Säuren hatten den gleichen Effect. Es trat nach dem Bestreichen eine rückgängige Bewegung des durch den ruhenden Nervenstrom abgelenkten Magneten ein: eine negative Schwankung des Nervenstromes durch künstliche Säuerung des nicht abgeleiteten Nervenstückes.

Es geht daraus hervor, dass die negative Schwankung des Nervenstromes auf electrischem und Strychninreiz, bei denen wir den Nerven sauer werden sehen, wohl die Folge sein könne des Auftretens einer saueren Reaction in dem nicht abgeleiteten Nervenstücke. Es scheint dabei die Abnahme der electromotorischen Eigenschaften des Nerven auf einer Wirkung in die Ferne: Drehung der electrischen Nervenmolecüle im Sinne DU BOIS-REYMOND's zu beruhen.

Da wir gesehen haben, dass bei der Wärmestarre der Nervensubstanz auch ein Sauerwerden des Nervensaftes eintritt, so kann auch eine negative Schwankung bei dem Wärmetetanus ihre Ursache in dem Auftreten einer Säure haben. Auch der vertrocknete Nerve zeigte sich schwach sauer. Es fehlt der Nachweis des Sauerwerdens des Nerven nur noch für den mechanischen Reiz. Für die Muskeln hat es HEIDENHAIN gezeigt, dass sie unter mechanischen Alterationen (Dehnung) sehr rasch sich säuern, es ist also auch für den Nerven ein analoges Verhalten zu erwarten, obwohl es bisher noch nicht glücken wollte, eine Säuerung des mechanisch mit dem HEIDENHAIN'schen Tetanomotor tetanisirten oder des gezerrten Nerven zu beobachten.

Es wäre demnach wohl möglich, sich die Vorstellung zu machen, dass unter allen Umständen ein Auftreten von Säure im Nerven das Erscheinen der negativen Schwankung begleite.

Es scheint aber, dass wir nicht nothwendig diese Verallgemeinerung der Beobachtung zu machen haben.

Wir sehen die Erregbarkeit der Nerven, die in so innigem Abhängigkeitsverhältnisse von dem electrischen Nervenstrome steht, aus den verschiedensten Ursachen in ganz der gleichen Weise verändert, stets sehen wir eine eingreifende Veränderung des Nerveninhaltes mit einer primären Steigerung und dann mit Abnahme der Nervenerregbarkeit verknüpft. Es wäre wohl möglich, dass in ganz analoger Weise auch verschiedene Einwirkungen auf den Nerven die electrischen Ströme beeinflussen und zwar in ähnlicher Weise.

Es genügt hier gezeigt zu haben:

Mit dem Vorgang der Nerventhätigkeit im Gesammtorganismus verläuft ein chemischer Process — die Säurebildung in der Nervensubstanz — der als eine Ursache der electromotorischen Veränderung des Nerven während seiner Thätigkeit angesehen werden kann.

Wir werden in der Folge unsere Vermuthung, dass auch andere Einwirkungen als die Säuerung des Nerven (stärkere alkalische Reaction der Nervensubstanz) mit einer Abnahme des Nervenstromes verknüpft sein können, sehr bald beweisen. Die electrischen Versuche selbst sollen zum Schlusse dieses Capitels in Beispielen im Zusammenhang ihre Darstellung finden.

## §. 3. Die electrolytischen Producte der Nervenpolarisation (Alkali und Säure) im Verhältniss zu dem DU BOIS'schen Electrotonus.

Bei der Prüfung der Einwirkung der electrolytischen Producte auf die Erregbarkeit des Nerven hatte es sich herausgestellt, dass diese ganz verschieden wirken, je nachdem sie nur auf der Oberfläche des Nerven sich befinden, oder in die Nervensubstanz selbst eindringen.

Trotz der beobachteten Stromabnahme bei der inneren Säuerung der Nervensubstanz durfte man danach hoffen, dass eine nur oberflächliche Säuerung des Nerven, wie sie bei der Erzeugung der electrischen Electrotonusphasen mit

Metallelectroden an der Anode entsteht, die electromotorische Veränderung an der Anode, die positive Phase des Electrotonus hervorbringen könne.

Bei den Versuchen über chemische Einleitung einer negativen Schwankung hatte sich schon ein in dieser Beziehung sehr beachtenswerthes Verhalten herausgestellt.

Bestreicht man das nicht abgeleitete Nervenstück mit concentrirter Milchsäure, so tritt meist zuerst eine vorschreitende Bewegung des Magneten, eine positive Schwankung des Nervenstromes ein, die nur einige Grade am Multiplicator beträgt, und sehr rasch in die oben beschriebene negative Stromschwankung übergeht. Bei anderen concentrirten Säuren und saueren Salzen zeigte sich mir dieses Verhalten selten.

Bereitet man sich nun aber, wie auch für den Anelectrotonus PFLÜGER's angegeben wurde, eine solche Verdünnung der Säure, dass sich die Lebenseigenschaften des mit der Säure in Berührung gebrachten Nerven darin für längere Zeit erhalten, so bemerkt man, wenn man den Nerven aus der Säure herausnimmt und vorsichtig abtrocknet und wäscht, dass die Säure nicht in das Innere des Nerven eingedrungen ist; letzteres zeigt noch eine neutrale Reaction. Am zweckmässigsten zeigte sich mir dazu jene oben erwähnte stark verdünnte Salpetersäure oder eine Salzsäure von 1%. Nur hie und da, vielleicht wenn die Präparation des Nerven nicht vollkommen ohne Verletzung geglückt ist, zeigt sich ein Eindringen der Säure. Selbstverständlich findet ein solches immer von Querschnitten aus statt.

Bestreicht man nun mit solchen verdünnten Säuren, welche nicht in das Innere des Nerven eindringen, die am Multiplicator aufgelegten Nerven ganz in derselben Weise, in welcher wir vorhin die negative Schwankung durch innerliche Säuerung des Nerven hervorrufen konnten, so beobachten wir nun kein Zurückgehen des vom ruhenden Nervenstrom abgelenkten Magneten, welches uns eine negative Schwankung anzeigen würde, sondern im Gegentheil ein Vorwärtsschreiten des Magneten, welches uns eine Steigerung der electromotorischen Kräfte des abgeleiteten Nervenstückes, also eine positive Phase des Nervenstromes anzeigt.

Selbstverständlich wurden diese fundamentalen Versuche auf das mannigfaltigste möglichst mit allen Cautelen abgeändert (cf. die folgenden Versuche), immer und immer wiederholt, aber stets mit dem gleichbleibenden Effect. Wir können das Resultat in die Worte formuliren:

**Aeusserliche** Säuerung des nicht abgeleiteten Nervenstückes bewirkt eine Zunahme des electrischen Stromes in dem abgeleiteten Nervenstücke.

Wir sind im Stande auf ähnlichem Wege durch Alkalien primär eine Abnahme des Nervenstromes zu erzeugen.

Bestreicht oder berührt man das nichtabgeleitete Nervenstück mit einem Alkali — mit kohlensauerem oder kaustischem Natron oder Kali — so tritt stets eine rückgängige Bewegung des Magneten ein, also eine Abnahme des ruhenden Nervenstromes.

Dieser Versuch versagt nie und ist ungemein überraschend. Durch Neu-

tralisation des Alkali durch eine Säure können wir den Nervenstrom, der ganz verschwunden war, in alter Stärke wieder hervorrufen; durch neues Bestreichen mit Alkali wieder verschwinden machen und sofort. Es zeigt hiebei der Versuch, dass es sich bei dieser negativen Schwankung*) oder Phase, durch Alkali erzeugt, im Grunde auch nur um ein äusserliches Anhaften des Alkali an dem Nerven handeln kann, da der Nervenstrom ebenso durch Alkali verändert wird, wenn der Nerve in seinem Innern schon eine leicht sauere Reaction zeigt, welche durch das Bestreichen mit Alkali, wie der Versuch lehrt nicht verschwindet.

Es ist hier der Platz, zu erwähnen, dass ein im Ganzen äusserlich schwach sauer oder schwach alkalisch gemachter Nerve seinen Strom in gesetzmässiger Richtung zeigt, und dass auch eine nachweisbare, mässige, sauere Reaction des gesammten Nerven (wie nach Strychninwirkung) den Strom nur schwächt aber nicht vernichtet. Eine äusserliche Säuerung der Gesammtoberfläche des Nerven steigert seinen Strom, eine äusserliche Verstärkung der alkalischen Reaction schwächt ihn dagegen (cf. S. 158 f.).

Dass die alkalische Reaction den Strom nicht vernichtet, geht schon daraus hervor, dass der normale Nerve, wie angegeben, sich stets äusserlich ziemlich stark, gleichmässig alkalisch zeigt.

Wir sehen aus dem bisher Mitgetheilten, dass wir im Stande sind, die Veränderungen des Nervenstromes, welche uns durch die Untersuchungen E. du Bois-Reymond's gelehrt wurden, auch auf chemischem Wege künstlich hervorzurufen.

1. Eine negative Schwankung des Nervenstromes entsteht durch das Auftreten einer saueren Reaction in dem Nerveninhalte.

Wir haben zeigen können, dass die negative Schwankung des Nervenstroms während der Nervenreaction in der Mehrzahl der Fälle von diesem Sauerwerden des Nervenröhreninhaltes abhängig sein könne.

2. Die letztmitgetheilten Versuchsbeispiele beweisen, dass wir auf analoge Weise

a) durch äusserliches Bestreichen des nicht abgeleiteten Nervenstückes mit einer zweckentsprechend verdünnten Säure eine positive Phase des abgeleiteten Nervenstromes und

b) durch Bestreichen mit einem stärkeren Alkali eine negative Phase des Nervenstromes hervorbringen können.

Dieses sind in einfachster Darstellung die Versuchsergebnisse.

Es muss die Frage aufgeworfen werden, ob wir durch dieselben die elektrische Theorie des Electrotonus entbehrlich machen.

Es zeigen die Versuche sogleich, dass sie das keineswegs im Stande sind.

Schon bei der durch künstliche Säuerung der Nervensubstanz hervorgerufenen Nervenstromabnahme (negative Schwankung) haben wir darauf aufmerksam machen müssen, dass sich die Säurewirkung in die Ferne geltend macht jenseits der direkt betroffenen Stelle. Dasselbe ist bei den anderen Versuchen

*) Es wäre wohl möglich, dass wir es bei der Alkaliwirkung zum Theile mit einer eigentlichen »negativen Schwankung«, mit einer chemischen Reizung des Nerven zu thun haben

der Fall. Das Nervenstück, von welchem der Strom abgeleitet wurde, war in keiner Weise chemisch alterirt und doch zeigte es die angegebenen Veränderungen seiner electromotorischen Kräfte.

Jedem, der sich von der Richtigkeit dieser Angaben überzeugen will, sei gerathen zuerst die Wirkung der Alkalien auf den Nervenstrom zu versuchen.

Die feinste Berührung der nicht abgeleiteten Nervenstrecke nahe am Bausch der Zuleitungsgefässe mit einem Spitzchen festen Aetzkalis bringt die rasche Abnahme der electromotorischen Nervenwirkung mit eben der überraschenden Präcision hervor wie wir auf dieselbe Weise die Nervenerregbarkeit so sicher zu steigern vermochten. Hier kann an ein Beschmutzen der Bäusche nicht gedacht werden, hier fallen alle Einwendungen vollkommen hinweg, die gegen die Reinlichkeit der Versuche etc. gemacht werden können.

Mit den Säueren gelingen die Versuche hier wie bei den Erregbarkeitsänderungen schwerer, doch bei einiger Uebung unzweifelhaft. Leider kann hier aus begreiflichen Gründen die Kohlensäure, welche uns dort so gute Dienste leistete, nicht in Anwendung gebracht werden*).

Eine solche Wirkung in die Ferne jenseits der direkt chemisch betroffenen Nervenstrecke stimmt wenig mit einer rein chemischen Wirkung überein.

Es macht vielmehr den Eindruck, als würde durch das Auftreten der Säure und des Alkali am und im Nerven ein neues Glied in die electromotorische Kette eingefügt, als die wir den Nerven betrachten müssen.

Stellen wir uns z. B. vor, der Nerve bestünde aus einem inneren saueren Strange (Axencylinder), der von einer alkalischen Hülle (Nervenmark) umgeben sei, welche wieder von einer Schicht mit stark alkalischer Reaction (Bindegewebe) umhüllt wird, so werden hier electrische Strömungserscheinungen auftreten, welche natürlich verändert werden müssen, wenn auch nur an einer Stelle der äusseren alkalischen Hülle eine starke Reactionsveränderung auftritt. An diesen Stellen werden nun selbständige, neue Strömungen entstehen, welche mit dem Nervenstrom entweder von gleichem Vorzeichen denselben steigern oder im umgekehrten Falle ihn schwächen werden.

So bleibt uns also eventuell die Möglichkeit, dass die chemischen Alterationen in Folge der Nervenpolarisation und der electrische Strom selbst in gleicher Weise wirksam werden und zwar eben darum, weil im Grunde auch die Wirkung der chemischen Substanzen eine electrische sein kann.

Das was wir hier für den electrischen Electrotonus wahrscheinlich gemacht haben, gilt ebenso auch für die Erregbarkeitsveränderungen der Nerven durch den constanten Strom.

Es muss auf eine theoretische Schwierigkeit aufmerksam gemacht werden.

Die Polarisationsproducte sehen wir fast überall die entgegengesetzten electrischen Wirkungen ausüben wie den constanten Strom, dem sie ihre Entstehung verdanken. Hier ist es nicht so. Hier sehen wir die Wirkung der Jonen sich zur Wirkung des constanten Stromes einfach summiren. Diese Schwierigkeit verschwindet aber, wenn wir bedenken, dass in dem vorliegenden Falle die

*) Die electrische Wirkung der Säuren ist der schwächste Punkt der vorliegenden Versuche. Niemals erreichte dieselbe die Stärke des electrischen Anelectrotonus, Die Gründe dafür scheinen freilich klar zu sein.

ausgeschiedenen Jonen nicht gemeinschaftlich als Kette wirksam werden. Es geht das schon daraus hervor, dass bei unseren chemischen Versuchen der Nerve nicht gleichzeitig mit Säure und Alkali behandelt wurde, um die Veränderungen seiner electromotorischen Kräfte und seiner Erregbarkeit zu zeigen, sondern nur je mit einem der beiden Stoffe allein.

Jedenfalls überwiegt, so lange der electrische, polarisirende Strom im Nerven geschlossen ist, derselbe dem Polarisationsstrom seiner Jonen am Nerven sehr bedeutend; das Auftreten der entgegengesetzten Modificationen der electromotorischen Erscheinungen und der Erregbarkeit der polarisirt gewesenen Nerven wird freilich immerhin auch nach den vorstehenden Versuchen zum Theil auf den Strom der am Nerven haften bleibenden Jonen, der den Nerven in umgekehrter Richtung durchsetzt, bezogen werden können.

Je mehr wir uns mit den Verhältnissen der organischen Natur befassen, desto complicirter erscheinen sie uns.

Auch der Vorgang des Electrotonus scheint sonach ein noch complicirterer Vorgang zu sein, als wir es früher annehmen mussten, an dessen Erzeugung sich mannigfaltige Momente mit betheiligen.

Es sei gestattet nur noch auf einige aufmerksam zu machen.

Der electrische Strom findet im Nerven einen solchen Widerstand, dass er nothwendig den Nerven erwärmen muss. Wir wissen wie stark die Erwärmung hebend auf die Nervenerregbarkeit wirkt. Bei einem frisch präparirten Nerven, der also noch mit seiner alkalischen Lymphschicht umgeben ist, kann man momentan durch einfaches Anhauchen die Erregbarkeit von der Minimalzuckung bis zum Tetanus bei derselben Reizstärke steigern, sehr rasch verschwindet diese Erregbarkeitssteigerung wieder.

Dieser Steigerungsgrund der Erregbarkeit wird sich sowohl bei dem Anelectrotonus schädlich als bei dem Katelectrotonus in dem Sinne desselben geltend machen.

Durch die Untersuchungen von E. Harless kennen wir die Erregbarkeitsveränderungen der Nerven durch Ozon und Ozonträger. Auch diese müssen sich mit in das Resultat einmischen. Vielleicht ist auch der durch die Electrolyse entstehende Wasserstoff nicht ganz indifferent in dieser Beziehung.

Sicher treten auch Widerstandsänderungen im Nerven ein, die ebenfalls auf das Resultat wirksam sein werden.

## §. 4. Versuchsbeispiele.

Für die Abnahme des Nervenstromes durch innerliche Säuerung des Nerven ist es kaum nöthig eigene Versuchsbeispiele zu geben.

Alle etwas verdünnten Säuren wirken in diesem Sinne, ebenso das sauere phosphorsauere Natron fast bei jedem Concentrationsgrade.

Bei concentrirten Säuren ist das Verhältniss in sofern anders als sie gewöhnlich vor der regelmässig durch sie bewirkten Stromabnahme eine Steigerung des Nervenstromes im Sinne des Anelectrotonus ergeben.

Bei Anwendung von Alkalien habe ich nur in einem als fehlerhaft nachgewiesenen Falle eine primäre Stromsteigerung wahrgenommen.

In allen Versuchen wurde nach dem Ablesen des Stromes die Auflagerungsstelle des Nerven genau mit blauem oder rothem Lacmuspapier oder Curcumapapier geprüft, um zu sehen, ob eine Beschmutzung der Bäusche stattgefunden hatte. Um die Gleichartigkeit der Bäusche zu prüfen, wurde vor und nach dem Versuche der Schliessungsbausch aufgelegt und die Magnetstellung frisch abgelesen. In einer Reihe von Versuchen wurden die Bäusche direkt beschmutzt mit den Säuren und Alkalien, welche bei den Beobachtungen zur Wirkung kamen. Es wurden schliesslich die Versuche an Eiweissfäden wiederholt, und da ihre Berührung von den Bäuschen entfernt kein Resultat ergab, so wurden, während sie auflagen, die Bäusche selbst mit den Säuren beschmiert, um alle möglichen Täuschungsursachen zu erkennen. Auch die Wirkung der Säuerung der gesammten Nervenoberfläche (und der Nervensubstanz) wurde geprüft, ebenso der Erfolg der stärkeren alkalischen Reaction der Nervenoberfläche.

Es muss noch einmal erwähnt werden, dass der frisch präparirte Nerve stets äusserlich mit einer Schicht stark alkalisch reagirender Flüssigkeit umgeben ist. Es wurde geprüft, ob diese alkalische Reaction den Nervenstrom beeinflusse. Die Nerven wurden mit 0,7% Kochsalzlösung gewaschen und sorgfältig auf feinem, chlorfreiem ungeleimtem Papier wieder getrocknet, es zeigte sich hiebei keine Stromveränderung. In vielen Versuchen wurde der Nerve vor der Säureapplication in der angegebenen Art gewaschen, es zeigte sich die Säurewirkung etwas verstärkt. Es wurde aber später wieder davon abgestanden, weil die normale alkalische Reaction der Auflagerungsstelle ein sehr vortheilhafter Umstand für die dem Versuch nachfolgende Prüfung ist, ob keine Säure den Bausch selbst berührt hat.

Bei der Alkaliwirkung sind alle diese Vorsichtsmassregeln viel weniger wichtig.

Die Alkaliwirkung ist so prompt und tritt aus weiter Entfernung von der Anlagerungsstelle des Nervenlängsschnittes ein; sie gelingt am besten bei Berührung des Nerven mit festem Kalihydrat, wobei sich die alkalische Reaction beobachteter Massen vollkommen auf die Berührungsstelle concentrirt, sodass hier die Gefahr, durch Beschmutzung der Bäusche getäuscht zu werden, fast gleich Null ist. Nur bei den Neutralisationsversuchen tritt diese Gefahr wieder ein.

Es muss hier aber sogleich noch weiter erwähnt werden, dass von diesem direkten Berühren der Bäusche mit den chemischen Flüssigkeiten gar keine so grossen Gefahren entspringen, als man zu vermuthen geneigt ist.

Die Eiweiss- und Speichelfadenversuche ergaben das sehr auffallende Resultat, dass auch die starke Beschmutzung der Bäusche mit Säure oder Alkali, wie sie selbstverständlich bei den Versuchen niemals vorkommen konnte, doch nur meist schwache Ungleichartigkeiten der Bäusche erweckte und zwar waren diese bei den gebrauchten Säuren und Alkalien von einer Stromrichtung, beide dem Nervenstrom unter den constant eingehaltenen Versuchsbedingungen entgegengesetzt. Es ist diese Beobachtung sehr auffallend, doch kann ich für meine Versuche einstehen. Es scheint also daraus hervorzugehen, dass bei der primären Steigerung des Nervenstromes durch Säure-

wirkung sich unmöglich ein Fehler aus dem gefürchteten Grunde einmischen könne. Trotzdem (ich machte diese Beobachtung erst fast zum Schlusse aller angestellten Versuche) wurde natürlich wie angegeben alle Sorgfalt auf die Reinhaltung der Bäusche verwendet.

Machen wir uns, ehe wir an die Versuche selbst herantreten, noch einmal die möglichen Versuchsresultate klar.

Die Säuren wirken von der Oberfläche der Nerven aus bei genügender Stärke stromsteigernd, sowie sie in den Nerven eindringen stromvermindernd.

Nur bei ganz schwachen Säuren (1 per mille Salzsäure) tritt hie und da längere Zeit gar keine sichtbare Stromänderung ein, ebenso bei ganz schwachen Alkalien. Besonders letzteres ist leicht verständlich, wenn man sich an den normalen alkalischen Ueberzug der Nerven erinnert, der auch weggewaschen werden kann, ohne den Nervenstrom zu verändern. Concentrirte Säuren zeigen meist zuerst eine Zunahme, dann die Abnahme, schwächere Säuren drungen fast momentan in den Nerven ein und zeigen also sogleich Stromabnahme.

Unter allen am Magnetogalvanometer gemachten Versuchen fand ich in meinen Aufzeichnungen keinen einzigen, der nicht die Stromzunahme durch Säuren zuerst gezeigt hätte. Der mir zu Gebote stehende Multiplicator war etwas unempfindlicher, was dadurch noch bedeutend gesteigert wurde, dass ich principiell ohne Compensation arbeitete, um nicht noch weitere unbekannte Versuchscomplicationen einzuführen. So kommt es, dass die Multiplicatorversuche weniger beweisend sind als die Versuche mit dem Magnetogalvanometer.

Bei Säuren beobachtete ich also entweder gar keine Veränderung des Nervenstromes (sehr wenige Fälle), oder eine sofortige Verminderung des Nervenstromes (in einer ziemlichen Anzahl von Fällen), oder ein alleiniges Ansteigen des Nervenstromes (nur bei einigen Versuchen mit zweckmässig verdünnter Salpetersäure), und schliesslich ein primäres Ansteigen und secundäres Sinken des Nervenstromes (in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle). Alle diese Modificationen des Versuchsergebnisses sind als bei den obwaltenden Verhältnissen selbstverständlich nicht auffallend.

Bei den Alkaliversuchen sah ich sehr selten ein Constantbleiben des Nervenstromes bei sehr schwachen Alkalilösungen (nur einmal in einem fehlerhaften Versuche ein primäres Ansteigen des Stromes), in fast allen Versuchen dagegen eine sofortige Abnahme des Nervenstromes, hie und da eine Umkehr. Bei einer Reihe von Versuchen kehrte der durch Alkali geschwächte Nervenstrom nach einiger Zeit wieder zurück.

Die Wirkung der Säuren und Alkalien wurde modificirt dadurch, dass vorher eine oder die andere Substanz auf den Nerven eingewirkt hatte.

Der durch Alkali verschwundene Nervenstrom kehrte durch Neutralisation mit Säure zurück, ebenso der durch Säure geschwächte durch Alkali.

Das sind im Allgemeinen die beobachteten Versuchsergebnisse.

Ueber die Methode bedarf es keiner weiteren Auseinandersetzung, sie wurden abgesehen von der Compensation genau nach den neuesten Vorschriften E. du Bois-Reymond's mit berliner Apparaten angestellt.

# I.

## Versuche

### am Magnetogalvanometer.

### A. Säureversuche.

**Versuch 1.** Mit Milchsäure conc.

| | Skalentheilung: Nach Graden der Skala. | Nervenstrom: |
|---|---|---|
| [Ruhelage des Magneten mit dem Schliessungsbausch (= R. M.) . . . . . | 47] | |
| Constante Ablenkung durch den Nervenstrom . . . . | 34 | 13 |
| Mit concentrirter Milchsäure das obere Nervenstück bestrichen. Der Magnet stellt sich auf . . . . . | 31 | **16!** |
| Nach 1 Minute tritt ein Rückgang des Magneten ein . . | 38 | 9 |
| [R. M. . . . . | 47] | |
| 3 Minuten später. Ablenkung durch den Nervenstrom. . | 40,2 | 6,8 |
| 3 Minuten später . . . . . | 41,5 | 5,5 |
| Der Strom hat also, nachdem er anfänglich gestiegen, nun bedeutend abgenommmen. | | |
| Der Nerve wurde nun etwas näher an den Bäuschen mit der Milchsäure bestrichen. | | |
| Der Magnet geht etwas vorwärts, dann sogleich aber etwas weiter zurück. | | |
| Nach weiteren 3 Minuten Ablenkung durch den Nervenstrom . . . . . | 42,2 | 4,8 |
| [R. M. . . . . | 46,4] | |
| Die Säure berührte die Auflagerungstelle des Nerven nicht. | | |

**Versuch 2.** Mit Milchsäure conc.

| | | |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 46,5] | |
| Nervenstrom . . . . . | 10,5 | 36 |
| Der Nerve entfernt von der Anlagerungsstelle mit Milchsäure bestrichen, nach einigen Sekunden schreitet der Magnet rasch auf . . . . . | 7,0 | **38,5!** |
| Hier stellt er sich kurz ein und geht dann wieder zurück, nach 1 Minute Nervenstrom . . . . . | 11 | 35,5 |
| Etwas näher am Bausche der Nerve mit conc. Milchsäure bestrichen. Der Magnet geht rasch vorwärts, bis die Skala ganz aus dem Gesichtsfelde verschwunden ist. Er stellt sich kurz ein auf. . . . . | 3 | **43,5!** |
| und geht nun zurück nach 4 Minuten . . . . . | 18 | 28,5 |
| [R. M. . . . . | 43,5] | |
| Die Säure berührte den Bausch nicht*). | | |

*) Da nur solche Versuche aufgenommen wurden, bei denen keine Beschmutzung der Bäusche nachgewiesener Massen stattgefunden hatte, so bleibt in der Folge diese Bemerkung weg. Im entgegengesetzten Fälle ist das Nöthige bemerkt.

**Versuch 3.** Mit schwacher Salpetersäure.

| | Skalentheilung. | Nervenstrom. |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 56,0] | |
| Nervenstrom . . . . . | 36,5 | 19,5 |
| Mit schwacher $NO_5$ betupft, der Magnet schreitet auf 0 der Skala vor und ruht bei . . . . . | 15,0 | **41,0!** |
| Nun wurde die Säure vorsichtig ohne den Nerven zu verrücken mit Papier weggewischt, der Nervenstrom sank wieder auf . . . . . | 36,0 | 20,0 |
| Nun wurde der Nerve mit Alkali (verdünntem kohlensauerem Natron) betupft. Nervenstrom . . . | 43,0 | **13,0** |
| [R. M. . . . . | 56,0] | |

**Versuch 4.** Mit schwacher Salpetersäure.

| | | |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 56,5] | |
| Nervenstrom . . . . . | 46,0 | 10,5 |
| Nerve mit $NO_5$ bestrichen, der Strom steigt auf . . . | 41,0 | **15,5!** |
| Nach dem Wegtupfen der Säure sinkt der Strom wieder auf | 46,0 | 10,6 |
| Nach dem Bestreichen mit kohlensauerem Natron sinkt der Strom auf . . . . . | 51,0 | **5,5** |
| [R. M. . . . . | 56,5] | |
| Nach dem Neutralisiren des Alkali mit der verdünnten Salpetersäure steigt der Strom wieder auf . . . . . | 43,0 | 13,5 |
| [R. M. . . . . | 56,5] | |

**Versuch 5.** Mit schwacher Salpetersäure.

| | | |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 58,5] | |
| Nervenstrom . . . . . | 47,0 | 11,5 |
| Mit $NO_5$ entfernt von der Auflagerungsstelle (die Säure wirkt durch Richtung der Molecüle), Nervenstrom . . | 36,5 | **22,0!** |
| [R. M. . . . . | 58,3] | |

**Versuch 6.** Mit 1% Salzsäure.

| | | |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 57,0] | |
| Nervenstrom . . . . . | 48,0 | 9,0 |
| Mit 1% Salzsäure bestrichen, der Magnet schreitet langsam auf . . . . . | 41,0 | **16,0!** |
| Nun mit kohlensauerem Natron neutralisirt . . . . . | 48,0 | 9,0 |
| Nach 5 Minuten . . . . . | 55,0 | 1,0 |
| [R. M. . . . . | 56] | |

**Versuch 7.** Mit 1% Salzsäure.

| | | |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 56] | |
| Nervenstrom . . . . . | 35 | 21,0 |
| Nerve mit 1% Salzsäure bestrichen. Der Magnet schreitet in Zeit von mehreren Minuten sehr langsam auf . . | 20 | **35!** |
| [R. M. . . . . | 55] | |
| Dann geht er wieder zurück, nach 5 Minuten Nervenstrom | 28 | 27 |
| [R. M. . . . . | 55] | |

Alle Versuche mit dem Magnetogalvanometer angestellt haben als primäre Säurewirkung ein den mitgetheilten Beispielen analoges Vorschreiten des Magneten ergeben, mit Ausnahme von 2 Versuchen mit sauerem phosphorsauerem Natron, bei dem sogleich ein Rückschwung des Magneten erfolgte. Diese Versuche können als Beispiele gelten, wie unter Umständen die negative Schwankung des Nervenstromes durch innerliche Säuerung des Nerven sogleich rein zu Tage treten kann. Unter den Multiplicatorversuchen finden sich einige in denen die Zunahme des Stromes durch saueres ph. Nat. sich zeigte.

**Versuch 8.**

Mit etwas verdünntem sauerem phosphorsauerem Natron.

| | Skalentheilung. | Nervenstrom. |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 58,4] | |
| Nervenstrom . . . . . | 45,0 | 13,4 |
| Mit sauerem phosphorsauerem Natron bestrichen, der Strom nimmt, ohne vorher zuzunehmen, sogleich langsam ab, nach 5 Minuten . . . . . | 47,5 | **10,9** |
| Nach einer weiteren Minute . . . . . | 48,0 | 10,4 |
| » » » » . . . . . | 49,0 | 9,4 |

**Versuch 9.**

Mit concent. sauerem phosphorsauerem Natron.

| | | |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 63,0] | |
| Nervenstrom . . . . . | 49,0 | 14,0 |
| Mit dem conc. sauerem phosphors. Natron bestrichen . . | 50,0 | **13,0** |
| Nach 1 Minute . . . . . | 51,0 | 12,0 |
| [R. M. . . . . | 63,0] | |

## B. Alkaliversuche.

**Versuch 10.** Mit kohlensauerem Natron.

| | | |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 43,0] | |
| Nervenstrom . . . . . | 4 | 39,0 |
| Nach dem Bestreichen mit kohlensauerem Natron . . . | 6 | **37,0!** |
| Nach 1 Minute . . . . . | 7 | 36,0 |
| Nach einer weiteren Minute . . . . . | 8 | 35,0 |
| [R. M. . . . . | 42,2] | |
| Nach 5 Minuten . . . . . | 11 | 31,2 |
| » 6 » . . . . . | 12 | 30,2 |
| » 10 » . . . . . | 15 | 27,0 |
| [R. M. . . . . | 42,0] | |

**Versuch 11.** Mit kohlensauerem Natron.

| | | |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 55,0] | |
| Nervenstrom . . . . . | 37 | 18,0 |
| Mit kohlensauerem Natron bestrichen, er sinkt auf . . . | 43 | **12,0!** |

| | Skalentheilund. | Nervenstrom |
|---|---|---|
| Mit verdünnter $NO_5$ bestrichen, der Strom hebt sich wieder auf | 35 | 20,0 |
| [R. M. | 55] | |
| Mit kohlensauerem Natron bestrichen | 44 | 11,0 |
| 1 Minute später | 46 | 9,0 |
| 1 » » | 48 | 7,0 |

Die Versuche Nr. 4 und Nr. 11 wurden auch darum ausgewählt, weil sie ausser der Stromabnahme durch Alkali zeigen, dass nach der Neutralisirung desselben durch eine unschädliche Säure der Nervenstrom nicht nur zurückkehrt, sondern sich auch etwas versärkt zeigen kann.

In Nr. 4 betrug der ruhende Nervenstrom 10,5, nach dem Neutralisiren betrug er 13,5. In Nr. 11 betrug der ruhende Strom anfänglich 18, nach dem Neutralisiren des Alkali 20.

Auch bei den Multiplicatorversuchen machte sich dieser Moment geltend, es wird von uns bei der Vergleichung der beiden Electrotonusarten noch erwähnt werden. Der Strom kann also nach dem Verschwinden der Abnahme durch Alkali sich in seiner Stärke etwas gesteigert zeigen.

## II.

## Versuche

### am Multiplicator.

### A. Säureversuche.

**Versuch 12.**

Verdünnte Salpetersäure (die zu den ersten Versuchen gedient hatte).

Keine merkbaren Ungleichartigkeiten in den Bäuschen; bei Schliessung der Bäusche trat eine Ablenkung der Magnetnadel um 4° ein im Sinne des Nervenstromes. Bei allen künftigen Versuchen waren die Ungleichartigkeiten ebenso unmerklich, sie betrugen im höchsten Falle 5° in dem angegebenen Sinne (die Nerven wurden immer in der gleichen Weise aufgelegt). Auch nach Beendigung jedes Versuchs wurden die Bäusche wieder auf ihre Gleichartigkeit geprüft, niemals fand sich bei den Versuchen eine Steigerung oder nur Veränderung der Ungleichartigkeiten. In den folgenden Versuchen bleiben daher diese Bestimmungen, obwohl sie regelmässig angestellt wurden, weg.

| | |
|---|---|
| Nervenstrom constante Ablenkung (=C. A.) | 67° |
| Mit $NO_5$ bestrichen C. A. | 80°! |

Diese Ablenkung bleibt einige Zeit unverändert bestehen. In anderen Fällen beobachtete ich ein Constantbleiben über $^1/_4$ Stunde.

**Versuch 13.** Mit verdünnter Salpetersäure.

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. | 62° |
| Mit $NO_5$ bestrichen C. A. | 72°! |
| Nach 5 Minuten | 71° |

Bei diesem Versuche blieb der Unterschenkel am Ischiadicus bei der Auflagerung erhalten. Er war bei der Säureeinwirkung ganz ruhig, der Nerve war nach den 5 Minuten natürlich noch gut erregbar (auf Druck).

**Versuch 14.** Mit 1 pro mille und 1% Salzsäure.

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. | 72° |
| Mit 1 pr. mill. Salzsäure bestrichen (wirkt nicht) | 72° |
| Derselbe Nerve mit 1% Salzsäure bestrichen | 78°! |
| Sie geht bald wieder zurück. | |
| Nach 4 Minuten | 71° |
| Nach 5 » | 64° |

**Versuch 15.** Mit 1% Salzsäure.

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. | 66° |
| Mit 1% Salzsäure bestrichen | 72°! |
| Die Auflagerungsstelle war, wie bei den vor- und nachstehenden Versuchen, durch die Säure nicht berührt worden. Nun wurde sie absichtlich bestrichen, der Strom stieg auf | 74° |
| Nach 6 Minuten | 65° |

**Versuch 16.** Mit 1% Salzsäure.

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. | 68° |
| Mit 1% Salzsäure bestrichen | 74°! |

Am Nerven haftete oberflächlich ziemlich viel Lymphe (und Blut). An der Auflagerungsstelle des Nerven an den Bäuschen war noch alkalische Flüssigkeit nachweisbar nach der Behandlung des Nerven mit Säure.

**Versuch 17.** Mit 1% Salzsäure.

| | |
|---|---|
| Der Nerve wurde vor dem Versuche in 0,7% Kochsalzlösung gewaschen, er reagirt nun nicht mehr alkalisch. | |
| Nervenstrom C. A. | 65° |
| Mit 1% Salzsäure entfernt bestrichen C. A. | 72°! |
| Dann | 70° |
| Näher bestrichen C. A. | 75° |
| Nach 7″ | 64° |

**Versuch 18.** Mit concentrirter Milchsäure.

| | |
|---|---|
| Nervenstrom | 67° |
| Mit Milchsäure betupft entfernt | 70°! |
| Der Nervenstrom nimmt nun sehr rasch ab | 60° |
| Nach 12 Minuten | 0° |
| Tiefere Partien des Nerven frisch aufgelegt (die früher abgeleitete Nervenstrecke allein) zeigen noch den gesetzmässigen Strom, aber schwach, grösster Ausschlag der Magnetnadel. | 10° |
| C. A. | 5° |

**Versuch 19.** Conc. saueres phosphorsaueres Natron.

| | |
|---|---|
| Nervenstrom | 56° |
| Mit conc. sauerem phosphors. Natron bestrichen | 59°! |

Dann geht der Strom langsam zurück . . . . . 54°
Nach 3 Minuten . . . . . 6°
Nach 6 » . . . . . 5°
Der Nerve wurde nun weggenommen und gewaschen. Die Ablenkung blieb . . . . . 5°
Ein neuer Querschnitt angelegt . . . . . 12°

**Versuch 20.** Saueres phosphorsaueres Natron verdünnt.

Nervenstrom . . . . . 58°
Mit dem s. ph. Nat. bestrichen. Der Strom geht zurück, erst sehr langsam, dann mit ziemlicher Kraft, so dass die Nadel, als sie auf 0° angekommen war, mit ziemlicher Kraft wieder zurückschwang auf + 20° (dasselbe war bei dem vorstehenden Versuche Nr. 18 bei der ersten Abnahme des Stromes der Fall), die Nadel stellte sich ein auf 7°
Durch Bestreichen mit concentrirtem kohlensauerem Natron ist der Strom nicht mehr hervorzurufen, er wird eher noch etwas geschwächt . . . . . 6°
Der Nerve ist nach dem Waschen noch ganz sauer durch und durch an den direkt bestrichenen Stellen, die anderen reagiren neutral.

**Versuch 21.** Saueres phosphorsaueres Natron (noch 4 mal verdünnter als oben).

Nervenstrom . . . . . 68°
Mit dem s. phos. Nat. bestrichen . . . . . 66°
Die Nadel schwankt etwas. Der Nervenstrom verändert sich in mehreren Minuten nicht . . . . . 66°
Der Nerve wird gewaschen und wieder aufgelegt, er war äusserlich und innerlich sehr sauer und blieb das auch nach dem Waschen, Nervenstrom . . . . . 58°
Mit conc. kohlensauerem Natron bestrichen, die Stromstärke steigt etwas an . . . . . 61°
Dann nimmt der Strom langsam ab, nach 4 Minuten schwingt die Nadel auf 0° und stellt sich dann ein auf . . . . . 8°

Bei saueren Nerven entwickelt also ein Alkali den Strom anfänglich ehe es ihn schwächt.

Der stromlose Nerve reagirte äusserlich stark alkalisch. Das Alkali war aber auch hier nicht in den Nerven eingedrungen. Das mit Säure bestrichene Nervenstück reagirte im Innern noch lebhaft sauer. Das aufgelegte Stück war neutral.

Es dringt also das Alkali s c h w e r e r e i n in die Nervensubstanz als die Säure, daher sein leichtes Neutralisiren und seine regelmässige Wirkung.

**Versuch 22.** Saueres phosphorsaueres Natron (noch einmal auf das Doppelte mehr verdünnt als im letzten Versuch).

Nervenstrom . . . . . 58°
Mit dem s. phosphors. Nat. bestrichen . . . . . 72°!
Nach 5 Minuten . . . . . 65°

Der Strom nimmt nun langsam ab.

Beispiele, in denen der Nervenstrom sogleich nach dem Bestreichen mit Säure zurückging, ohne sich zuerst zu heben, finden sich vorzüglich unter den Versuchen mit mässig verdünnten Säuren. Ausser dem saueren phosphorsaueren Natron wirkt in dieser Weise namentlich die Milchsäure.

Aus begreiflichen Gründen hatte ich mit diesen beiden Säuren zu Anfang meine Versuche allein angestellt, so kam es, dass ich zuerst nur eine Abnahme des Nervenstromes durch die Säure beobachten konnte: die negative Schwankung durch Säuerung des Nerven. Erst in der Folge lernte ich mit grösserer Sicherheit den primären Säureerfolg hervorrufen.

Es mögen noch 2 derartige Versuchsbeispiele hier stehen.

**Versuch 23.** Mässig verdünnte Milchsäure.

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. . . . . | 60° |
| Mit Milchsäure bestrichen. Nach 4 Minuten C. A. . . . . | 52° |
| Ohne ein deutliches Vorwärtsschwanken der Nadel. Nach weiteren 3 Minuten C. A. . . . . | 46° |
| Nach einer weiteren Minute C. A. . . . . | 42° |
| Die Säure wurde abgetupft und der Nerve mit kohlensauerem Natron bestrichen. Der Strom entwickelte sich wieder bedeutend, die Nadel geht vor auf . . . . . | 58° |
| Dann macht sich aber die Alkaliwirkung geltend, die Nadel geht auf zurück. Der Strom konnte durch neue Neutralisation durch Säure nun nicht mehr hervorgerufen werden. | 0° |
| Der Nerve war an der bestrichenen Stelle durch und durch sauer, die intrapolare Strecke ist neutral. | |

**Versuch 24.** (Die verdünnte Milchsäure des vorigen Versuches nochmals auf das Doppelte verdünnt.)

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. . . . . | 52° |
| Milchsäureapplication. Nach 5 Minuten C. A. . . . . | 0° |

**Versuch 25.** Dieselbe Milchsäure nochmals doppelt verdünnt.

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. . . . . | 65° |
| Mit der Milchsäure bestrichen. Nach 5 Minuten . . . . . | 65° |
| Nach weiteren 4 Minuten . . . . . | 56° |
| Mit kohlensauerem Natron neutralisirt, der Strom kommt wieder später sinkt er wieder. . . . | 62° |

## B. Alkaliversuche.

Die Multiplicatorversuche mit Alkalien sind so einfach, dass sie eigentlich kaum an Beispielen dargestellt zu werden brauchen, namentlich bei der Berührung der Nerven mit trockenem Kalihydrat, wobei keine Beschmutzung der Bäusche möglich ist.

Folgende beiden ersten Versuche werden vor allem auch darum angeführt, weil sie Beispielsweise zeigen wie zuerst eine Stromabnahme durch Kali und darauf folgend eine Wiederzunahme des Stromes eintritt.

**Versuch 26. Mit trockenem Kali.**

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. . . . . | 61° |
| Mit einem Kalispitzchen leicht berührt, der Strom sinkt auf . . . . . | 0° |
| Nach einiger Zeit schwillt er wieder an auf . . . . . | 40° |

**Versuch 27. Mit festem Kali.**

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. . . . . | 60° |
| Mit Kali minimal berührt . . . . . | 0° |
| Nach einiger Zeit wächst der Strom wieder an, erreicht die alte Höhe fast wieder. | 48° |

---

Auch wenn man zwischen den Bäuschen die abgeleitete Strecke des Nerven minimal mit Kali berührt, so sinkt der Strom momentan auf Null herab.

Als Beispiel von der Möglichkeit, die Wirkung des Alkali durch Neutralisation mit Säure wieder zu vernichten, diene noch folgender Versuch.

**Versuch 28.**

| | |
|---|---|
| Nervenstrom . . . . . | 63° |
| Mit kohlens. Natron bestrichen . . . . . | 42°! |
| Näher der Auflagerungsstelle . . . . . | 0° |
| Durch Neutralisation des Alkali tritt der Nervenstrom wieder hervor, er führt die Nadel zur Hemmung und hält sie auf . . . . . | 72° |
| Der Strom zeigt sich also nach der Neutralisation verstärkt (wie oben Versuch 4 und 11). | |
| Der Nerve wurde noch einmal mit dem Alkali bestrichen, der Strom sinkt herab zu . . . . . | 0° |
| Nach 10 Minuten sogar . . . . . | — 8° |
| Nach dem Ansäuern geht die Nadel wieder zur + Hemmung vor, die C. A. betrug . . . . . | + 73° |
| Kohlensaures Natron bringt ihn wieder zum Verschwinden, der Magnet geht zurück C. A. . . . . | 0° |

Mit Säure neutralisirt kehrt der Strom zum 3ten Mal zurück, der Nerve wirft die Magnetnadel an die Hemmung.

Hier wurde der Versuch abgebrochen.

## III.

## Controllversuche.

### A. Versuche mit Nerven.

Im Folgenden sollen noch einige Beispiele dargestellt werden aus den Versuchen zur Erforschung der Wirkung einer Verunreinigung der Bäusche mit den chemischen Agentien.

Es wurden zweierlei Versuche gemacht.

In der ersten Reihe wurden Nerven ganz und gar mit den chemischen Agentien bestrichen, um zu sehen, was das für einen Einfluss auf den Nervenstrom und auf die Bäusche habe.

In der zweiten Reihe wurden dieselben Versuche mit in Eiweiss und Spei-

chel getränkten Baumwollfäden angestellt, und die Bäusche absichtlich beschmutzt.

Die Resultate sind schon oben angegeben, sodass hier die Versuche selbst nur in aller Kürze stehen.

**Versuch 29.** Am Magnetogalvanometer.

| | Skalentheilung. | Nervenstrom. |
|---|---|---|
| [R. M. . . . . | 63] | |
| Nervenstrom des frischen Nerven . . . . . | 49 | 14 |
| Er wurde nun in saueres phosphorsaueres Natron getaucht, so dass er ganz sauer war und auch auf dem neuen Querschnitt sauer reagirte und wieder aufgelegt. | | |
| [R. M. . . . . | 63] | |
| Der ganz sauere Nerve hatte noch eine Stromstärke von . | 52 | 11 |
| Nun wurde der Nerve mit kohlensauerem Natron bestrichen, so dass der Nerve durch und durch (?) alkalisch war. | | |
| [R. M. . . . . | 63] | |
| Strom des alkalischen Nerven . . . . . | 52 | 11 |

Der Nerve ist also, was schon länger aufgefallen, in hohem Grade in Beziehung auf seinen Strom unabhängig von derartigen allgemeinen äusseren Verunreinigungen.

**Versuch 30.** Am Multiplicator wie alle folgenden.

| | |
|---|---|
| Nervenstrom . . . . . | 69° |
| In verdünnte Lösung von kohlensauerem Natron getaucht, auf Fliesspapier abgetrocknet, frischer Querschnitt. Ausschlag an die Hemmung C. A. . . . . | 65° |
| Nach 8 Minuten . . . . . | 8° |
| Neuer Querschnitt C. A. . . . . | 8° |
| Der Nerve stirbt. | |

**Versuch 31.**

| | |
|---|---|
| Nervenstrom . . . . . | 70° |
| Wie oben in kohlens. Natron, aber kein neuer Querschnitt . . . . . | 68° |
| Nach 10 Minuten . . . . . | 64° |
| Nach 15 » . . . . . | 58° |
| Nun ganz wie bisher, aber in 1% Salzsäure getaucht, abgetrocknet C. A. . . . . | 73° |
| Wieder mit kohlens. Natron behandelt C. A. . . . . | 72°. |

Durch die Behandlung mit verdünntem Alkali wird der Strom des Gesammtnerven primär etwas weniges geschwächt, nach und nach stirbt der Nerve ab.

Durch Behandlung mit verdünnten Säuren wird der Gesammtnerve in seinem Strome etwas verstärkt, wie folgender Versuch auch noch zeigen kann. Im Allgemeinen ist aber die Veränderung wenigstens primär ungemein unbedeutend.

**Versuch 32.**

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. . . . . | 72° |
| Mit Salzsäure von 1% behandelt . . . . . | 78° |

Bei concentrirteren Säuren ist die Nervenstromverstärkung sehr viel deutlicher, mit concentrirten Alkalien meist ebenso die Abnahme.

**Versuch 33.**

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. | 72° |
| In 1% Salzsäure getaucht Ac. C. A. | 74° |
| Denselben Nerven mit wenig-verdünnter Salzsäure behandelt (eingetaucht, gewaschen, getrocknet); die Nadel schlägt an die Hemmung und bleibt fest an ihr kleben | 90° |
| Nun wurde derselbe Nerve mit concentrirtem kohlensauerem Natron behandelt. Ausschlag negativ. C. A. | — 4° |
| Derselbe Nerve mit conc. Salzsäure wie oben behandelt, er schlägt wieder an die positive Hemmung, an der er kleben bleibt | 90° |
| Im Multiplicatorkreise lassen sich keine Ungleichartigkeiten nachweisen. Die Nadel steht (mit dem Schliessungsbausch) auf | 0° |

**Versuch 34.**

| | |
|---|---|
| Nervenstrom C. A. | 70° |
| In concentr. kohlens. Natron getaucht und getrocknet, die Nadel geht zur Hemmung vor C. A. | + 63°! |
| Derselbe Nerve mit conc. Salzsäure behandelt, die Nadel schlägt mit Macht an die Hemmung, der Strom ist sehr verstärkt, die Nadel klebt an der Hemmung | + 90° |
| Nach 5 Minuten ist der Strom | 0° |

**Versuch 35.**

| | |
|---|---|
| Nervenstrom | 68° |
| Nerve mit concentr. Salzsäure behandelt, er schlägt gegen die Hemmung und klebt an ihr fest C. A. | 90° |
| Nach 10 Minuten | 66° |

---

Diese Versuche zeigen offenbar ähnliche Verhältnisse wie die Beobachtungen bei theilweiser Reactionsveränderung der Nerven.

Der Gewebsstrom zeigt sich in hohem Grade unabhängig von äusseren Ungleichartigkeiten, dabei tritt aber die oben angegebene Wirkung der Säuren und Alkalien ebenfalls zu Tage, die ersteren verstärken primär den Nervenstrom, während die anderen ihn sogleich schwächen.

Dabei muss noch auf einen weiteren Umstand aufmerksam gemacht werden.

Bei diesen Versuchen wurden mehrmals innen sauere, aussen alkalische todte Nerven auf ihren Strom untersucht. Es lassen sich derartige Nerven leicht dadurch herstellen, dass man sie zuerst in saueres phosphorsaueres Natron bringt, abtrocknet und sie dann in ein Alkali taucht. Derartige Nerven zeigen niemals einen mit dem Strom des lebenden Nerven an Stärke zu vergleichenden Strom, obwohl hier die Bedingungen zur Erzeugung einer Säure–Alkali-Kette in weit höherem Masse gegeben scheinen, als in dem neutralreagirenden lebenden Nerven. Es ist das einer zu den vielen schon von du Bois gesammelten Beweisen dafür, dass wir uns die Gewebsströme nicht so einfach entstanden

denken dürfen, wie man das sonst ja wohl anzunehmen geneigt gewesen sein mag. Doch kommen wir darauf in der Folge noch einmal zurück, worauf wir uns eine nähere Darlegung dieser Verhältnisse versparen.

Es müssen nun noch Versuche besprochen werden, bei denen die Zuleitungsbäusche (sie selbst waren natürlich durch Schutzbäusche und grosse Thonschilder geschützt) absichtlich beschmutzt wurden und bei denen an Stelle des Nerven Eiweiss- oder Speichelfäden aufgelegt waren. Im Folgenden stehen derartige Beispiele.

## B. Versuche mit Eiweiss- und Speichelfäden.

### Versuch 36.

Eiweissfaden wie ein Nerve aufgelegt, Ausschlag und constante Ablenkung . . . . . $0^0$

Der Längsschnittbausch mit concentr. kohlens. Natron stark beschmutzt, sonst der Versuch ganz wie am Nerven. C. A. . . . . $-10^0$

Diese bleibt bestehen, wenn der Schliessungsbausch aufgelegt wird.

Die Ungleichartigkeit ist mit der Alkaliwirkung am Nerven von gleichem Vorzeichen. Sie ist aber weit kleiner als die dort bei sorgfältigster (gelungener) Vermeidung der Berührung der Bäusche mit Alkali am Nerven beobachtete Wirkung. Es wäre also zu erwarten, dass sich die beobachtete äussere Ungleichartigkeit zu der am Nerven beobachteten hinzuaddirt.

### Versuch 37.

Eiweissfaden wie in Versuch 36 aufgelegt, Ausschlag und C. A. . . . $0^0$

Die Ungleichartigkeiten der Bäusche neigen minimal zur negativen Seite etwa . . . . . $1^0$)

Der Längsschnittbausch mit conc. Milchsäure stark beschmutzt C. A. $-6^0$

Diese Ungleichartigkeit der Bäusche bleibt nach dem Auflegen des Zwischenbausches bestehen. Sie ist von umgekehrter Richtung als der Nervenstrom, so dass eine Zunahme des Nervenstromes durch Säure daraus also nicht erklärt werden kann.

### Versuch 38.

Speichelfaden aufgelegt, natürlich wie immer mit der Elfenbeinpincette. Nadel ganz ruhig. C. A. . . . . $0^0$

Mit conc. Salzsäure ganz in derselben Weise behandelt wie die Nerven in den Versuchen 34, 35, 36 (cf. diese), in conc. Salzsäure getaucht, gewaschen, getrocknet. Die Nadel schwingt negativ auf $10^0$ und stellt sich ein auf . . . . . $-5^0$

Derselbe Faden ebenso mit conc. kohlens. Natron behandelt, die Nadel bleibt ganz ruhig. C. A. . . . . $0^0$

### Versuch 39.

Speichelfadenstrom . . . . . $0^0$

Mit 1% Salzsäure behandelt, die Nadel schwankt sehr wenig nach dem negativen Quadranten. C. A. . . . . $-1,5^0$

**Versuch 40.**

Speichelfadenstrom . . . . . 0°
Mit 1% Salzsäure behandelt. Ausschlag — 12°. C. A. . . . . — 10°

**Versuch 41.**

Speichelfadenstrom . . . . . 0°
Mit concentr. kohlens. Natron behandelt, Ausschlag sehr gering negativ. C. A. . . . . — 1°

**Versuch 42.**

Speichelfadenstrom . . . . . 0°
Mit verdünntem kohlens. Natron behandelt, die Nadel bleibt auf . . . 0°

Endlich soll die Reihe dieser Versuche durch 2 beschlossen werden, bei denen es wie bei Nr. 34 und 35 sich noch einmal zeigt, dass die Beschmutzung des Bausches mit Säure oder Alkali seltsamer Weise den gleichen electromotorischen Effect gibt.

**Versuch 43.**

Speichelfadenstrom . . . . . 0°
Auf dem Längsschnittbausch mit concentr. Salzsäure bestrichen, die Nadel geht nach der negativen Seite an die Hemmung.

**Versuch 44.**

Speichelfadenstrom . . . . . 0°
Mit conc. kohlens. Natron bestrichen, die Nadel kommt in's Zittern und schlägt aus auf . . . . . — 10°

Was wird man gegen die vorstehenden Versuche einwenden können?

Auf dem Gebiete der Nervenphysiologie ist manche Täuschung möglich, wie überhaupt in der organischen Physik. Ich kann mir zwar keine Täuschung bei meinen Versuchen mehr denken, seit die Furcht, dass Verunreinigungen der Bäusche mir meine Resultate vorgetäuscht haben könnten, nun vollkommen beseitigt scheint.

Meine gewonnenen Resultate stellen die aus ihnen sich ergebende Behauptung, dass

die electrolytischen Producte der Nervenpolarisation (Säure und Alkali) auf die Nervenerregbarkeit und das electromotorische Verhalten der Nerven in gleichem Sinne wirken wie der electrische Strom,

als gesichert hin. Jede neue wissenschaftliche Behauptung muss aber so lange als eine Frage an die Natur gelten, so lange sie sich nur in den Händen eines, auch des exactesten Forschers bewahrheitet hat.

Nur einer exacten experimentellen Prüfung von competenter Seite aber kann das Recht zugestanden werden, hierin ein Urtheil abzugeben.

Ernstlich wird Niemand daraus eine Einwendung gegen die Gleichwerthigkeit meiner chemischen Electrotonusströme mit den electrischen ableiten wollen,

dass sie, wenigstens der Säureanelectrotonus, merklich schwächer wären als die letzteren.

Wenn man, wie es mir möglich scheint, auch den chemischen Electrotonus als einen gewissermassen electrischen gelten lässt, so ist dieser Unterschied gewiss sehr begreiflich. Die Nervenelectrolyse kann durch Bestreichen der Nerven mit den Polarisationsproducten doch immer nur sehr mangelhaft nachgeahmt werden; die innere Polarisation fehlt z. B. ganz.

Man könnte es für gewagt ansehen, dass hier mit einer chemischen Erklärung electrotonischer Erscheinungen hervorgetreten wird, nachdem erst kürzlich ähnliche Gedanken von Seite des competentesten Richters in diesem Fache auf Grund der exactesten Experimente zurückgewiesen wurden. Ich meine hier die Untersuchungen E. du Bois-Reymond's: Ueber die electromotorische Kraft der Nerven und Muskeln*), in denen die Möglichkeit, als könnten äussere chemische Ungleichartigkeiten den Muskel- beziehungsweise den Nervenstrom bedingen, auf das Schlagendste widerlegt wird. Meine älteren und jetzt mitgetheilten Versuche geben zu den Angaben du Bois's vielseitige Bestätigung, indem sie die weitgehende Unabhängigkeit des Muskel- und Nervenstroms von derartigen Einflüssen erweisen.

Die uns hier beschäftigenden Fragen sind aber so viel ich sehe principiell anderer Natur und die dort gemachten Einwendungen du Bois-Reymond's scheinen sie nicht zu berühren. Besonders mache ich nochmals darauf aufmerksam, dass es sich bei meinen Versuchen um eine Wirkung der Säuren und Alkalien in die Ferne handelt; hier können sich derartige Stoffe also nicht verhalten wie die verschiedenen Flüssigkeiten, mit denen dort der Muskelstrom abgeleitet wurde und die auf diese Weise den Muskelstrom beeinflussten. Bald schwächten die von du Bois zur Ableitung benutzten Flüssigkeiten die Kraft des Stromes (destillirtes Wasser, Kalilösung, Schwefelsäure, Salpeterlösung), bald liessen sie ihn unverändert (Salmiak [?], Zinkvitriol), nur concentrirte Kochsalzlösung hob ihn etwas weniges von 0,056 : 0,060)**).

Diese Versuchsergebnisse zeigen, wie mir scheint, wenig Aehnlichkeit mit den meinigen, bei denen als ableitende Substanz stets nur mit 0,7 % Kochsalzlösung befeuchteter Thon diente. —

An dieser Stelle scheint mir nicht der Ort zu sein, eine Reihe von Erfahrungen anzuschliessen, die sich mir über den electrischen Electrotonus am ausgeschnittenen Nerven und im Gesammtorganismus in letzter Zeit ergeben haben, es wird sich dazu vielleicht bald bessere Gelegenheit finden. Hier wünsche ich die wichtige Frage nicht noch weiter zu compliciren.

Nur das sei erlaubt noch anzuschliessen, dass auch in feineren Beziehungen die Uebereinstimmung des du Bois-Pflüger'schen electrischen Electrotonus und des chemischen Electrotonus sich ergibt.

Was du Bois und Pflüger über die Entstehung und die Veränderung des electrotonischen Zustandes sagen, passt vollkommen auch für die entsprechen-

*) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv U. S. W. Jahrgang 1867. Hft. 4.

**) a. a. O. S. 483.

den chemischen Erregbarkeitsänderungen*). Auch bei ihm sehen wir die Erregbarkeitsänderungen im Säureanelectrotonus wie bei dem wahren Anelectrotonus erst in einiger Zeit (Pflüger gibt 25 Sekunden an) ihr Maximum erreichen, er nimmt dann später während der Schliessung wieder etwas ab. Der Alkali-Katelectrotonus steigt dagegen fast momentan zu seinem Maximum an wie der wahre Anelectrotonus, um von da nach einiger Zeit wieder abzunehmen**).

# Capitel X.

## Regelmässig angeordnete chemische Differenzen in den electromotorischen Gewebselementen als Quellen der thierischen Electricität.

### §. 1. Vorbesprechungen.

In den vorstehenden Blättern wurde nachgewiesen, in wie inniger Abhängigkeit die Lebenseigenschaften der hauptsächlichsten electromotorischen Gewebe, der Nervensubstanzen von chemischen Veränderungen sich zeigen.

Nicht nur die schwankenden Erregbarkeitsverhältnisse konnten auf erkannte chemische Differenzen im Nerven selbst zurückgeführt werden, wir fanden auch die gesetzmässigen electromotorischen Eigenschaften von chemischen Stoffen ganz im Sinne der bekannten Veränderungen durch den constanten und unterbrochenen Strom beeinflusst.

Durch diese Beobachtungen wird eine chemische Auffassung der electromotorischen Gewebseigenschaften immer näher gelegt, wie ich sie schon in meinen älteren Publicationen: Tetanus S. 135 ff. und Grundzüge der Physiologie S. 596—600 vorgetragen habe.

Emil du Bois-Reymond's physikalische Moleculartheorie entspricht vollkommen allen gesetzmässigen Erscheinungen an den electromotorischen Geweben. So lange ich diese vollkommenste Theorie, die jemals in der Physiologie aufgestellt wurde, kenne, war ich nicht im Stande, mich zu überreden, dass sie nur

*) Es machte mir grosse Freude, dass so bald nach der Veröffentlichung meiner Anschauung über den Zusammenhang der Nervenerregbarkeitsänderungen mit den Schwankungen der Stromstärken im Electrotonus (Centralblatt 1867. S. 257, der Schlussstein, der mir noch fehlte, durch eine so bewährte Hand wie die R. Fick's gelegt wurde. Wenn wir in der Stärke der am Galvanometer ableitbaren Nervenströme die Stärke der Widerstände messen, welche der Nerve einer auf ihn hereinbrechenden Erregung entgegensetzen kann, so muss der abklingende Katelectrotonus mit einer Steigerung des Nervenstromes, der abklingende Anelectrotonus mit einer Verminderung desselben verknüpft sein. Fick hat (Centralblatt 1867. S. 436) das erstere Phänomen nun wirklich nachweisen können, was mir selbst noch nicht gelungen war; dass der Anelectrotonus den Nerven im Zustand verminderten Nervenstroms zurücklasse (Säurewirkung), hatte sich mir schon ergeben. So hat sich denn das a. a. O. ausgesprochene Gesetz zu einem Ganzen geschlossen, das alle Erscheinungen des Electrotonus umfasst.

**) Pflüger's Untersuchung über die Physiologie des Electrotonus 1859. S. 349. — E du Bois-Reymond, die electromotorische Kraft der Muskeln und Nerven. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1867. 4. S. 449 f.

eine künstliche Hypothese zur Erklärung der electrischen Gesetze der Muskeln und Nerven sei, dass sie nicht die absolute Wahrheit enthalte.

Den electrischen Molecülen E. du Bois-Reymond's entsprechen nach meiner Auffassung chemische Molecüle von ganz analogem Bau, Alles was von den electrischen Molecülen gilt, muss auch für die chemischen Molecüle Geltung behalten. Der Versuch, die electromotorischen Eigenschaften der Gewebe chemisch zu erklären, darf an der physikalischen Anschauung nichts Wesentliches ändern. Eine chemische Theorie steht also nicht im Gegensatz zu der physikalischen, sie ist der nothwendige Ausbau derselben.

Auch von Anderen wurde in der letzten Zeit, freilich durchaus nicht in meinem Sinne, die Molecularhypothese öffentlich besprochen. Wir verdanken den Widerlegungen dieser Besprechungen einige Meinungsäusserungen du Bois's, die von der grössten Tragweite für uns sind, da sie die Bedeutung angeben, welche der Entdecker selbst den electromotorischen Molecülen der Muskeln und Nerven beigelegt haben will.

Wir finden in den neuesten Publicationen vor allem folgende für uns äusserst wichtige Sätze:

[Ueber die electromotorische Kraft der Nerven und Muskeln. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1867. Heft 4. S. 490.]

»Unter den electromotorischen Molecülen sind — nicht kleinste Theile des Muskels zu verstehen, welche mit electromotorischen Kräften ausgerüstet, unablässig an sich stromerzeugend wirken, etwa wie in Ampère's Theorie die Eisentheilchen, ihrer Natur nach, unablässig von Strömen umkreist gedacht werden. Wenn die Ampère'chen Molecularströmchen bisher allein eine mathematische Fiction sind, der meines Wissens noch nie versucht wurde, eine physikalische Grundlage zu verleihen, so ist es ein Missverständniss gewesen, zu dem wohl die bisher unvollständig gebliebene Darstellung in meinem Werke verleitete, wenn auch die electromotorischen Molekeln dergestalt als **abstracte Wesen** aufgefasst wurden. Ich habe mir darunter vielmehr stets auf bestimmte Weise orientirte Heerde (lebhafter) chemischer Thätigkeit gedacht und diese Thätigkeit für einerlei mit derjenigen gehalten, welche die Athmung des Muskels ausmacht.« (Fast mit denselben Worten findet sich diese wichtige Aufklärung schon in der Untersuchung über »das Gesetz des Muskelstromes« s. o. g. Archiv 1863. Heft 5 u. 6. S. 595 f.) »Statt des Begriffes der electromotorischen Molekeln hätte ich anfangs vielleicht besser den sehr kleiner electromotorischer Flächen eingeführt, welche im Grunde das Einzige sind, von dessen Dasein wir sichere Kunde haben.« — »In der That, **der Faser parallele Reihen darauf senkrechter electromotorischer Flächen** sind, physikalisch-mathematisch genommen, Alles, was man zur Erklärung der electromotorischen Erscheinungen braucht.«

Unsere Aufgabe wird sich demnach im Folgenden auf das Aufsuchen solcher electromotorischer Flächen beschränken dürfen.

Du Bois fährt fort:

»Inzwischen ist es eben ein Vorzug unserer Theorie vor der Ampère'schen, dass sie nicht bloss eine abstracte Fiction zu bleiben braucht, sondern dass die

Möglichkeit wenigstens da ist (wie gering auch die Wahrscheinlichkeit sei), dereinst etwas über die Ursache der in den electromotorischen Molekeln thätigen Triebkraft auszusagen.«

An einem anderen Orte finden wir noch direktere Angaben.

[Widerlegung der von Ludimar Hermann kürzlich veröffentlichten Theorie der electromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven. Monatsberichte der Berliner Akademie. 1867. S. 629]. Es heisst dort:

»— doch kann ich nicht verschweigen, dass mir jede Theorie der Muskel- und Nerventhätigkeit todtgeboren erscheint, die von der Bedeutung weder der Fleischprismen noch des Axencylinders, noch der Nervenendplatte etwas zu sagen weiss.«

An diesem Orte kann am besten sogleich darauf aufmerksam gemacht werden, dass schon aus einer früheren Publication du Bois's eine Betheiligung der »Fleischprismen« an der Stromerzeugung des Muskels sehr wahrscheinlich wurde.

In dem »Zusatz zu seiner Lehre von den Neigungsströmen des Muskels« sagte du Bois am 25. Juni 1866 in der Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe der Berliner Akademie (siehe Monatsberichte S. 390, 391), nachdem die Neigungsströme an den durch Dehnung hergestellten Muskelrhomben besprochen waren:

»Um die Erscheinung zu verstehen, muss man sich zunächst vergegenwärtigen, dass die Hüllen der Primitivmuskelbündel unverschiebbar mit einander verwachsen sind. Die diagonale Dehnung des Muskels zum Rhombus kann also nicht anders geschehen, als indem Ebenen im Inneren der Bündel, welche im ungedehnten Zustande quer waren, schräge werden. Dass dem wirklich so sei, sieht man unter dem Mikroskop an den Querstreifen, welche im natürlichen Zustand senkrecht auf die Axe der Bündel, durch einen diagonalen Zug sich völlig schräg stellen.«

Die Beobachtung an den Querstreifen setzt du Bois in dem Folgenden direkt mit den Erfahrungen an den electromotorischen Molecülen in Analogie (a. a. O. S. 391):

»Man muss sich denken, dass während so die ganzen Bündel nicht an einander verschiebbar sind, dies für die Längsreihen der electromotorischen Molekeln der Fall ist, und dass deren Axen der Axe des Bündels parallel bleiben, während die queren Ebenen, in denen sie angeordnet sind, zu schrägen werden.«

Wir sehen aus dem Vorstehenden, dass auch der Meister auf dem Gebiete der thierischen Electricitätslehre eine chemische Erklärung seiner Molecular-theorie für möglich hält, und dass auch ihm in dieser Beziehung der regelmässige Bau der electromotorischen Organe als Erklärungsmoment wichtig erscheint.

Aber wie haben wir uns die Kraftproduction bei der Electricitätsentwicklung der electromotorischen Organe zu denken?

In der oben zuerst citirten Untersuchung du Bois-Reymond's »Electromotorische Kraft der Nerven und Muskeln« finden sich Vergleichungen der electromotorischen Kraft der Muskeln und Nerven mit der von Flüssigkeitssäulen. Es zeigte sich, dass letztere in der Anordnung, in welcher sie geprüft wurden,

wenn auch primär nicht immer schwächer doch sehr viel weniger in ihren Wirkungen constant seien als die electromotorischen Gewebe.

Dieser Umstand rührt, wie sich sogleich ergibt, davon her, dass die durch Neutralisation und andere Vorgänge gebildeten Producte der Einwirkung der Flüssigkeiten aufeinander in den gewöhnlichen Flüssigkeitsketten nur durch Diffusion, also nur sehr langsam wieder weggeschafft werden können und somit den Neutralisationsvorgang, auf dem selbstverständlich die Krafterzeugung vor allem beruht, durch ihre Anwesenheit an der Grenzschichte der Flüssigkeiten sehr bald stören und endlich fast vollkommen vernichten müssen.

Bei einer Anordnung, bei welcher die Flüssigkeiten beständig in nächster Nähe an einander hin strömend erhalten würden und zwar mit beständiger Erneuerung der Flüssigkeiten, würde sich das Verhältniss wohl anders gestalten.

Es scheint mir nicht, dass aus dieser Inkonstanz der Flüssigkeitsketten schon ein Schluss gegen ihr Wirksamwerden in den lebenden, electromotorischen Organen gezogen werden kann.

In den lebenden Gewebselementen ist der Stoffaustausch nicht allein auf Diffusionsvorgänge angewiesen. In den leichter zu untersuchenden Pflanzenzellen sind die Strömungen im Zelleninhalte, welche activ denselben beständig vermischen und in bestimmter Weise vom Zellkern weg und wieder zu ihm zurückführen, längst bekannt und über allen Zweifel erhaben. Kein Mikroskopiker kann zweifeln, dass ganz analoge Bewegungserscheinungen auch im Inhalte der thierischen Zellen und ihren gleichwerthigen Gebilden vor sich gehen, wenn sie auch bisher noch nicht überall nachgewiesen wurden. Mit dem Tode der Zellen hören die Zellinhaltströme auf, etwa in der Zelle vorhandene Flüssigkeitsketten müssen dann sehr bald aufhören zu functioniren.

Haben wir einmal regelmässige chemisch-electrische Ungleichartigkeiten den oben angeführten electromotorischen Flächen DU BOIS's entsprechend in den electromotorischen Geweben nachgewiesen, so werden wir nicht zweifeln dürfen, dass auf ihrer Anwesenheit und ihrem Wirksamwerden die gesetzmässigen electromotorischen Erscheinungen an diesen Geweben, wenn nicht allein doch zum grössten Theile, zurückzuführen seien. Ich will nicht bestreiten, dass dabei auch noch die anderen Möglichkeiten, an welche DU BOIS zur Erklärung der Gewebselectricität denkt: die WILD'schen Hydro-Thermoströme und die QUINKE'schen Diaphragmaströme hier mitwirken könnten, freilich immer nur in der Beschränkung, in welcher DU BOIS diesen Gedanken zulässt. Wir dürfen gewiss annehmen, dass durch das Ineinandergreifen mehrerer in gleicher Richtung wirkender kraftproducirender Vorgänge die Wirkung der in den electromotorischen Geweben vorhandenen Flüssigkeitsketten so hoch gesteigert und so constant erhalten werde, wie sie in den thierischen Geweben zu Tage tritt.

## §. 2. Beobachtungen.

Von den unzähligen misslungenen Bestrebungen, welche mich seit einer Reihe von Jahren beschäftigen, alle gerichtet auf den chemischen Nachweis der electromotorischen Molecüle resp. der von DU BOIS geforderten electromotorischen Flächen, will ich schweigen. Man erkennt in den wenigen folgenden

Worten die Schwierigkeiten nicht wieder, mit denen hier zu kämpfen war. Das sichere Bewusstsein, dass ich mit meinen Bestrebungen auf richtiger Bahn sei, war es allein, das mich in der einmal betretenen Richtung ausharren liess.

Eine zufällige Gedankenverbindung spielte mir zuletzt die Lösung der Frage in die Hand.

Wir sind im Stande mit der von Gerlach entdeckten Carminfärbung der thierischen Gewebe, die chemischen Differenzen innerhalb der Gewebselemente zu erkennen und zu diagnosticiren. Durch die Carminfärbung machen wir bestimmte chemische Differenzen innerhalb der gefärbten Gewebe direkt dem Auge sichtbar, und zwar sind die sich durch Carmin **dauernd roth** färbenden Organtheile von **saurer**, die ungefärbt bleibenden, aus denen sich der Farbstoff durch Wasser oder Glycerin wieder entfernen lässt, von **neutraler** oder **alkalischer** Reaction. —

In der Technik ist lange anerkannt, dass das Färben aller Zeuge, mögen sie nun aus pflanzlichen oder thierischen Stoffen bestehen, im letzten Grunde fast überall auf demselben Vorgange beruht. Nur in sehr wenigen Fällen geht der Farbstoff eine wahre chemische Verbindung mit dem zu färbenden Material ein. Gewöhnlich wird nur der löslich dargebotene Farbstoff in unlöslicher oder wenigstens schwerlöslicher Form in den Poren der Fasern oder an ihrer Oberfläche niedergeschlagen *), und dort auf verschiedene Weise fixirt.

Bei der Zeugfärbung mit Carmin geschieht diese Ueberführung des gelösten carminsaueren Salzes in eine schwerer lösliche Form durch Anwendung von schwachen Säuren, mit denen man das Gewebe vor der Carminfärbung imprägnirt hat. Es dient dazu das Beizen des Gewebes mit Weinstein und Zinnsäure. Durch diese Säuren, die am Zeuge selbst haften, wird das gelöst dargebotene Carminsalz zerlegt und die schwerer lösliche Carminsäure in dem Zeuge niedergeschlagen, die dort noch weiter mechanisch (durch Thonerde) fixirt wird.

Es ist leicht, sich von der Wahrheit dieser Theorie der Carminfärbung zu überzeugen.

In einer Lösung von neutralem carminsauerem Ammoniak, wie sie zur Gerlach'schen Carminimbibition dient, bringt eine Spur irgend einer Säure oder saueren Salzes sogleich einen rothen, sehr feinen Niederschlag von schwerlöslicher Carminsäure hervor.

Legt man Baumwollenfäden in concentrirtere Lösungen von Carminammoniak, so nehmen sie rasch Farbstoff in sich auf, der aber durch Waschen mit Wasser leicht wieder aus ihnen entfernt werden kann.

Legt man einen derartigen rothen Faden, den man am besten vorher an der Luft getrocknet hat, in eine Lösung irgend eines verdünnten Alkalis, einen anderen in schwach angesäuertes Wasser, so verhalten sich nun die Fäden sehr verschieden. Während bei dem letzteren die rothe Farbe etwas heller wird und fest am Faden haften bleibt, wäscht sie sich an dem anderen Faden in der

*) Vergleiche darüber Knapp's chemische Technologie, Bd. II. S. 893, 895, 721 u. f. Die Befestigung der Farbstofftheilchen erfolgt nach Knapp durch die Wirkung der Flächenanziehung, wie Kohle gefärbten Lösungen die Farbe entzieht.

alkalischen Flüssigkeit sogleich mehr und mehr aus und färbt die Flüssigkeit roth, das Roth geht dabei etwas in's Bläuliche über. Bringt man nun beide Fäden in reines Wasser, so ist aus dem alkalischen Faden in kurzer Zeit die Farbe fast vollkommen ausgewaschen, während der sauere Faden seine Farbe unvermindert behält.

Wir sehen aus den Erfahrungen der Technik über die Carminfärbung, sowie aus den eben angeführten Versuchen, dass wir alle jene Gewebstheile, welche Carmin aus einer Lösung fest an und in sich fixiren, sodass er nicht mehr durch Wasser ausgewaschen werden kann, wie oben angegeben, als sauer ansehen müssen. Durch die Säure der Faser wird in und an der Faser aus dem carminsaueren Alkali die schwerlösliche Carminsäure abgeschieden, die nun dem Auswaschen durch Wasser einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen kann. Eine nur lose Carmininbibition, bei der sich der Farbstoff durch Waschen fast vollkommen wieder entfernen lässt, ist auf eine neutrale oder je nach der Leichtigkeit, mit der die Farbe sich auswaschen lässt, auch auf eine alkalische Reaction der betreffenden Fasern zurückzuführen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass dieselbe Ursache, welche bei der Zeugfärbung wirksam ist, sich auch bei der Gerlach'schen Imbibition thierischer Gewebstheile geltend macht. Alle Beobachtungen Gerlach's und der anderen Mikroskopiker sprechen dafür. Am besten geht das aus den eigenen Worten der Forscher hervor.

In der schon oben S. 75 citirten grundlegenden Abhandlung des genannten Forschers »Ueber die Einwirkung von Farbstoff auf lebende Gewebe« finden wir S. 6:

»Behandelt man thierische Gewebe, wie Knorpel, Epithelien, Bindegewebe, oder die graue Substanz der Centralorgane des Nervensystems mit carminsauerem Ammoniak, so tritt eine Färbung des Gewebes ein, deren Concentrationsgrade jedoch sehr verschieden bei den einzelnen Elementartheilen sind. Sehr wenig oder gar nicht erscheint die Intercellularsubstanz gefärbt, einen gesättigteren Grad von Färbung besitzt die Zelle, noch dunkler gefärbt ist der Kern und am intensivsten ist die Farbe an den Kernkörperchen ausgesprochen. War die Farbstofflösung concentrirt, so erfolgt die Färbung in der angegebenen Weise rascher, allein auch in Lösungen, welche nur Minimalquantitäten von Farbstoff enthalten, tritt die Färbung ein, jedoch ist dazu etwas längere Zeit nothwendig. Setzt man z. B. einer Unze Wasser zwanzig Tropfen einer concentrirten Lösung von carminsauerem Ammoniak zu, so ist nach 5—6 Stunden die Färbung vollständig eingetreten und längeres Verweilen des Gewebes in der Flüssigkeit erhöht die Intensität der Farbe nicht mehr; dagegen muss dasselbe Gewebsstückchen 2—3 Tage in einer Farbstofflösung, welche nur einen Tropfen concentrirten Farbstoffs auf die Unze Wasser enthält, liegen bleiben, um den gleichen Intensitätsgrad der Farbe zu erlangen. Ist ein Gewebe einmal gefärbt, so vermag selbst wochenlanges Liegen in reinem Wasser nicht dem Gewebe die Farbe zu entziehen. Auf der anderen Seite aber kann man einer sehr verdünnten Farbstofflösung dadurch, dass man in dieselbe wiederholt neue Gewebsstückchen einlegt, sämmtlichen Farbstoff entziehen und dieselbe in vollkommen reines Wasser überführen. Uebrigens haben die thieri-

schen Stoffe die Fähigkeit nur eine gewisse Menge von Farbstoff aufzunehmen. Lässt man ein Gewebe einige Zeit in einer sehr concentrirten Farbstofflösung liegen, so erscheint es allerdings sehr intensiv gefärbt, allein der Farbstoff haftet nicht, sondern wird durch Behandlung mit reinem Wasser alsbald bis zu dem Grade ausgelaugt, welcher jenem entspricht, den das Gewebe angenommen hätte, wenn es einige Zeit in einer verdünnten Farbstofflösung gelegen hätte der aber alsdann durch fortgesetzte Behandlung mit reinem Wasser nicht weiter entfernt werden kann etc.«

Hier muss sogleich angefügt werden, dass nach den leicht zu constatirenden Beobachtungen der Mikroskopiker ein Tropfen Alkali (aus naheliegenden auch mikroskopischen Gründen verwendet man am zweckmässigsten Ammoniak) dem Waschwasser zugesetzt genügt, um aus einem gut gefärbten mikroskopischen Gewebsstückchen die Färbung vollkommen auszuziehen, auch aus den fest gefärbten Gewebspartien. Das Alkali löst in diesem Falle die durch die Gewebssäure im Gewebe fixirt gewesene Carminsäure auf, indem sie die Gewebssäure mehr als neutralisirt. Das ist auch der Grund, warum die Lösung kein oder nur äusserst wenig freies Ammonik enthalten darf, wenn man gute Imbibitionen bekommen soll, das freie Ammoniak in der Imbibitionsflüssigkeit verhindert die Färbung vollkommen. Umgekehrt sehen wir bei der Imbibition künstlich ziemlich stark gesäuerter Gewebe, wie unten noch weiter ausgeführt werden wird, von den Gerlach'schen Differenzen nichts, solche Gewebe färben sich rasch durch und durch fast gleichmässig stark roth.

Ausser Gerlach hat vor allem nur noch Beale das Carminammoniak auf frische Gewebe angewendet. Die meisten Mikroskopiker verwendeten durch gewisse Reagentien veränderte, gehärtete Gewebe, durch welche aber die Carminimbibition nicht wesentlich verändert wird. Auch wenn schwache, sehr verdünnte Säuren wie doppelt-chromsaueres Kali oder reine Chromsäure auf die Gewebe zur Erhärtung einwirkten, so bleiben selbstverständlich die primär saueren Theile der Gewebe auch nachher noch am sauersten und die Färbung wird also ein ziemlich ähnliches Resultat ergeben, da die saueren Theile immer mehr Carmin in sich fixiren können als die weniger saueren.

Bei Beale *) findet sich eine Eintheilung der Gewebsbestandtheile, in solche welche sich mit Carmin färben und solche, welche keine Färbung annehmen. Die ersteren, vor allem den Zellkern und die Kernkörperchen, nennt er Keimsubstanz (germinal matter), die anderen geformte Substanz vor allem die Zellmembran und die nächstanliegenden Schichten. »Wir sind (S. 14) durch Anwendung gewisser alkalischer Farbstoffe in den Stand gesetzt, die Substanz, aus welcher jeder lebende Structurtheil zusammengesesetzt ist, zu scheiden in Substanz, welche gefärbt wird und in solche welche nicht gefärbt wird. Ich glaube, dass wir in jedem lebenden Wesen durch die Einwirkung einer ammoniakalischen Lösung von Carmin und nachherige Legen in Glycerin entschieden die Keimsubstanz von der geformten Substanz unterscheiden können.«

* Structur der einfachen Gewebe. Uebersetzt von Carus. S. 8.

Das Glycerin dient Beale zur Auslaugung des nur imbibirten nicht fixirten Farbstoffs, wozu, wie wir oben sahen, Gerlach noch zweckmässiger Wasser benützte.

Beale erkannte, dass die Färbung seiner »germinal matter« auf einem Niederschlag des färbenden Stoffes in dem Gewebselemente beruhe. Er erkannte die Wichtigkeit dieser Beobachtung ganz richtig und gründete darauf seine Anschauung über den Wachsthumsvorgang in den Zellen. Der Carmin durchsetzt einen Theil des Gewebes ungestört, um in einem anderen niedergeschlagen, fixirt zu werden, ähnlich werden sich gewiss auch andere in die Zelle eindringende Substanzen verhalten.

Es war mir eine Freude und Genugthuung, als ich fand*), dass schon vor mir Beale auf den Gedanken kam, und ihn direkt aussprach, dass es sich bei der Fixirung des Carmins in den Geweben wohl um eine Säurewirkung handle. Wir brauchen das durch die anerkanntesten Forscher zu Tage gebrachte Material für unseren Zweck nur zu vereinigen und zu verwerthen. Die Stelle, auf die es hier ankommt, findet sich in dem schon citirten Werke S. 34 und ist auch noch in weiterer Beziehung wichtig, da sie zugleich das Wachsthumsgesetz der Zellen formulirt, das Beale aus der Carminfärbung erschloss. Er beschreibt die Carminfärbung der Zelle wie Gerlach:

»Ganz nach aussen liegt ganz farblose, geformte Substanz, dann kömmt eine Schicht sehr junger und nur unvollständig erhärteter geformter Substanz, die ganz schwach gefärbt ist; zunächst folgt dann dunkel gefärbte Keimsubstanz und innerhalb dieser die am intensivsten gefärbten Kerne. Der Gewebtheil, welcher am intensivsten gefärbt ist, liegt am weitesten entfernt von der färbenden Lösung, der Theil, welcher gar nicht gefärbt ist, wird von der Lösung unmittelbar berührt. Der Carmin kann künstlich durch **die ihn nicht verändernden Schichten** geformter Substanz zur Keimsubstanz geleitet werden, wo er präcipitirt wird, vermuthlich in Folge der **sauren Reaction der Keimsubstanz.**«

Meine Vermuthung, dass es sich bei der Carmintinction um Säurewirkung handeln könne, entstand aus einer Bemerkung Gerlach's, die ich schon oft gelesen, früher aber nicht weiter beachtet hatte.

Gerlach beschreibt a. a. O. S. 8, dass er Fröschen Carminlösung in den Magen gebracht habe, die sich nach einiger Zeit in eine feinkörnige rothe Masse verwandelt fand.

»Der Farbstoff selbst war aber hier in der Art verändert, dass nur noch ein kleiner Theil gelöst, die grössere Masse dagegen in Form von kleinen rothen Körnchen niedergeschlagen war, eine Erscheinung, die wohl davon herrührt, dass durch die Einwirkung **der Säure** des Magens das carminsaure Ammoniak zum grössten Theil zersetzt wurde, worauf die in Wasser viel schwieriger lösliche Carminsäure sich niederschlug.«

Dadurch wurde mir mit einem Male der Zusammenhang zwischen Carmin-

*) Diese Notiz verdanke ich der Güte des Herrn Professor von Hessling, dem ich auch sonst für Rath und That vielfältig verpflichtet bin.

färbung und Gewebsreaction klar, der vorher so unverständlich erscheinen musste.

Jetzt ist es selbstverständlich, warum die Gewebselemente sich nur theilweise tingiren, warum aus den einen durch Wasser der Farbstoff verhältnissmässig leicht wieder ausgezogen werden kann, was aus den anderen nicht gelingen will. Nun ist es klar, warum jedes Gewebe nur eine ganz bestimmte Menge Carmin zu fixiren vermag, genau so viel als seiner Säuremenge entspricht.

Zum Verständniss der Verhältnisse sind noch folgende Betrachtungen wichtig:

In Beziehung auf die Carminfärbung so wie auf Färbung überhaupt müssen wir, wie sich schon ergeben hat, offenbar zwei verschiedene Momente anerkennen.

Legen wir einen neutralen Baumwoll-Faden in eine Carminlösung, so färbt er sich sogleich schön roth. Diese Färbung beruht einzig und allein auf Flächen-Wirkung, auf reiner Imbibition, der Farbstoff wird dabei nicht verändert; er lässt sich wenn wir viel Wasser anwenden auch wieder auswaschen, es muss dabei jedoch die mechanische Anziehung der Theilchen des Fadens gegen die Carminammoniaktheilchen aufgehoben werden. Es gelingt das durch blosses Liegen in Wasser doch stets nur unvollkommen, der Faden bleibt etwas röthlich gefärbt, wenn wir nicht die Wirkung des Wassers mit Reiben oder Wärme verstärken. Eine derartige Imbibition findet natürlich auch bei thierischen Theilen statt. Nach meinen Beobachtungen gelingt nach zu starker Carmintinction in concentrirteren Farbstofflösungen das Auswaschen der Farbe doch nur ziemlich langsam und nicht ganz vollkommen. Es zeigt sich diese mechanische Färbung, wenn wir sie so nennen dürfen, vor allem an der äusseren Oberfläche der Gewebe, dringt aber auch vom Rande her mehrweniger tief ein.

Wendet man Glycerin zur Farbstofflösung an, so gelingt das Auswaschen des nur mechanisch imbibirten Antheils von Carmin noch schwerer und noch weit unvollkommener. Zur Beobachtung der reinen Verhältnisse der Gewebsfärbung ist die Benützung des von Gerlach angewendeten verdünnten Carmin-Ammoniaks in Wasser allein zweckmässig.

Da die mechanische Imbibition natürlich an der Gewebsoberfläche am stärksten ist und nach Innen zu immer mehr an Stärke abnehmen muss, so bietet das ein Mittel zur Trennung der beiden Tinctionsursachen. Legt man dickere aus Zellen bestehende Gewebsstückchen in eine sehr verdünnte Farbstofflösung, so sieht man nach einiger Zeit nur an der Gewebsgrenze den Zelleninhalt etwas gefärbt, weiter im Innern ist derselbe ganz farblos und nur die Zellkerne und Kernkörperchen sind stark geröthet. Was von Farbstofflösung in die Zelle gelangt, wird von dem Kerne zersetzt und fixirt, so dass sich nach und nach eine starke Kernfärbung ergeben kann, auch in sehr verdünnter Farbstofflösung. Das schönste Präparat, das ich zur Erhärtung dieses Satzes anrathen kann, ist die Oberhaut des Frosches. In den polygonalen ganz farblosen Zellen liegen in ziemlich regelmässigen Reihen die stark-rothen Zellkerne.

Nach meinen Beobachtungen färbt sich also chemisch nur der Zellkern, während die schwache Röthung des übrigen Zellinhaltes, die nach längerer Farbstoffeinwirkung auf starke Präparate eintritt, nur als mechanische Imbibition zu deuten ist.

Derselbe Unterschied findet bei der Carminfärbung der Nerven und Muskeln statt, auch hier dürfen wir nur die stark sich färbenden Theile als chemisch auf den Farbstoff wirkend betrachten, die diffuse schwache Färbung ist meist wohl nur mechanische Imbibition, auch wenn es nicht ganz gelingt sie wieder auszuwaschen. Man tauche nur ein weisses Tuch in concentrirtes Carmin-Ammoniak, um zu sehen, wie schwer oder vielmehr wie unvollkommen mit kaltem Wasser die Farbe verschwindet, und doch ist eine solche Färbung himmelweit von einer dauernden Färbung verschieden, da dabei das Carmin-Ammoniak unverändert bleibt. —

Bei der Untersuchung der Gewebe auf die Reactionsverschiedenheiten ihrer kleinsten Theile kam es natürlich vor allem darauf an, zu entscheiden, wie sich diese Reactionen bei den lebenden Geweben verhalten, da wir wissen, dass durch das Absterben Veränderungen in der Gesammtreaction der Gewebe, vor allem allgemeine Säuerung eintritt.

Hier stellt sich eine Schwierigkeit in den Weg. Wie sich aus der Darstellung der Versuchsergebnisse Gerlach's, an die sich die unsrigen anschliessen, in Capitel V ergibt, nehmen die lebenden Gewebe ganz indifferente Farbstoffe gar nicht in sich auf. Wir können also auf diesem Wege keine Aufschlüsse erwarten.

Es ist nothwendig, die Gewebe todt aber mit der Vertheilung der chemischen Reaction wie im Leben selbst zu untersuchen. Das ist möglich bei Alkoholpräparaten. Bekanntlich werden die organischen Processe der Gewebe durch Einbringen in absoluten Alkohol sogleich unterdrückt, wenn man durch möglichste Kleinheit der eingebrachten Gewebsstückchen dafür sorgt, dass der Alkohol sogleich mit allen Theilchen in Wechselwirkung treten kann.

Solche Alkoholpräparate zeigen, wie ich selbst geprüft, und wie den Mikroskopikern seit Gerlach's Mittheilungen bekannt ist, die schönsten Färbungen. Gerade bei ihnen schneidet die Färbung scharf an den oben bezeichneten Grenzen ab, ohne diffus und verwaschen zu sein.

Die Beobachtung an Alkoholpräparaten lehrt uns also, dass schon im lebenden Gewebe die durch die Carmintinction aufgezeichneten Reactionsverschiedenheiten existiren.

So haben wir also in der verschiedenen Gewebs-Reaction eine Quelle regelmässiger electrischer Wirkungen an den kleinsten Theilen der thierischen Gewebe aufgefunden, welche, bisher unbekannt oder doch unbeachtet, die Ergebnisse der physikalischen Forschung an den electromotorischen Geweben ergänzt und anschaulicher macht.

Im Vorstehenden fand nur die Zellenfärbung mit Carmin ihre Darstellung. Sie ergab, dass in jeder einzelnen Zelle die Ursache electromotorischer Kräfte vorhanden ist, dass in jeder lebenden Zelle beständige, regelmässige electrische Wirkungen sich vorfinden, **dass jede Zelle als eine Flüssigkeitskette kleinsten Calibers angesehen werden darf.**

Wir wissen dadurch, dass alle thierische wie pflanzliche Zellenthätigkeit mit regelmässigen, electromotorischen Wirkungen verknüpft ist, dass wir uns in keinem Gewebe oder Gewebselemente die Lebensvorgänge unbeeinflusst von dieser wichtigen Kräfteform vorstellen dürfen.

Ueber die Richtung und Stärke dieser electrischen Ströme gibt uns die physikalische Untersuchung Aufschluss. Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass wir in einigen electromotorischen Geweben die Zellen selbst als electromotorische Molecüle im Sinne E. DU BOIS-REYMOND's ansehen müssen, sodass also die gesetzmässige Richtung dieser Ströme von den Geweben direkt auf die sie zusammensetzenden Zellen übertragen werden darf.

Die electromotorischen Gewebe, bei denen, wie ich glaube, die Zellen selbst als electrische Molecüle gelten dürfen, sind die Körperhaut des Frosches an der E. DU BOIS-REYMOND, und die Magenschleimhaut und Darmschleimhaut an der J. ROSENTHAL die regelmässigen mit den Nerven und Muskeln vollkommen übereinstimmenden electromotorischen Wirkungen festgestellt hat. Dasselbe gilt für die glatten Muskeln.

DU BOIS sagt *) über diese Organe:

»Wo absondernde Drüsen mosaikartig auf einer Fläche neben einander stehen, scheint diese Fläche der Sitz einer darauf senkrechten electromotorischen Kraft zu sein, welche nach meinen Versuchen bei der äusseren Haut der Amphibien und nach Herren ROSENTHAL bei der Magen- und Darmschleimhaut von der freien Fläche in's Innere gerichtet ist.«

— — »Die hier vorkommenden Kräfte sind — von gleicher Ordnung mit denen zwischen Längs- und Querschnitt der Muskeln, obschon sie die der dickeren Muskeln nicht erreichen.«.

Die Magenschleimhaut scheint beim Frosch weniger stark electromotorisch zu wirken als die Körperhaut, DU BOIS fand sie etwa 4 mal schwächer.

Die Drüsen, um die es sich bei diesen Untersuchungen handelt, sind aus senkrecht auf die Oberfläche der Membran vollkommen regelmässig linear neben einander stehenden Zellenreihen zusammengesetzt, die als kleinste galvanische Ketten, ihrer regelmässigen Anordnung entsprechend, die ganz regelmässigen electromotorischen Wirkungen hervorrufen.

Da doch wohl auch für die Drüsenströme »der Faser parallele Reihen da auf senkrechter electromotorischer Flächen, physikalisch-mathematisch genommen, Alles sind, was man zur Erklärung der electromotorischen Erscheinungen braucht«, so scheint mir mit dem Nachweise dieser in der geforderten Richtung stehenden electromotorisch wirkenden, chemischen Ungleichartigkeiten in den die Drüsen zusammensetzenden Zellen, wenigstens für die Drüsen, die bisher vergeblich gesuchte Hauptursache der electromotorischen Kräfte aufgefunden.

Die weniger regelmässig gebauten Drüsen geben keine regelmässigen electromotorischen Wirkungen, es fehlt den auch in ihnen vorhandenen electrischen Molecülen dazu Nichts als die erforderliche senkrechte, lineare Anordnung, so aber bleiben die Wirkungen unregelmässig, ohne allgemeines Gesetz.

Ganz ähnlich wie bei den electromotorischen Drüsen finden wir die Anordnung der chemischen Reactionsdifferenzen in den beiden Hauptorganen der thierischen Electricitätslehre: in Nerven und Muskeln.

*) Ueber die Electromotor. Kraft d. Nerven u. Muskeln. REICHERT's und DU BOIS-R[illegible] 1867. Hft. 4. S. 452.

Dass sich an Weingeistpräparaten der Nerven bei der Carmintinction nur der Axencylinder roth färbe, während die Marksubstanz ungefärbt bleibt, wurde schon durch die ersten Untersuchungen Gerlach's in dieser Richtung in seinen »Mikroskopischen Studien« nachgewiesen. Seit der Zeit ist diese Beobachtung vielfältig bestätigt worden. Am deutlichsten findet sich die Bestätigung bei Frey *), welcher geradezu angibt, dass diese Färbung des Axencylinders ebenso wie die scharfe Färbung anderer sauerer Gewebsbestandtheile am schönsten an Weingeistpräparaten hervortrete, welche, wie oben erwähnt, die Verhältnisse so geben, wie sie im Leben bestanden haben.

Der Axencylinder jeder lebenden Nervenfaser besitzt sonach saure Reaction, während das Nervenmark neutral oder alkalisch reagirt, wahrscheinlicher das letztere.

Bei den quergestreiften Muskelfasern war bisher die Färbungsmethode mit Carmin noch nicht weiter verfolgt worden. Wir finden nur die Angabe, dass sie, abgesehen von den noch stärker sich färbenden Muskelkernen, sich diffus färben sollen. Es ist klar, dass eine derartige diffuse Färbung, welche für eine allgemeine sauere Reaction des Muskelsaftes sprechen würde, von der wir chemisch bei dem lebenden Muskel Nichts wissen, auch für die Erklärung der electromotorischen Wirkungen des Muskels unbrauchbar sein würde.

Lange habe ich mich bemüht, an Muskeln von Säugethieren, Fischen, Fröschen und Insekten zu erkennen, ob die Färbung sich wirklich auf beide optisch verschiedene Muskelsubstanzen gleichmässig beziehe.

Durch Brücke wissen wir, dass durch Wirkung schwacher Säuren das Doppelbrechungsvermögen der Fleischtheilchen vernichtet wird. Abgestorbene Muskeln zeigen aber bekanntlich meist die Doppelbrechung noch unverändert. Es scheint also nicht, dass die im Muskel nach dem Tode sich mehrende Gewebssäure auch auf die Fleischtheilchen ihre Wirkung äussere. Es schien mir daher wahrscheinlicher, dass sich die Säure im Muskel in der Zwischensubstanz (Kittsubstanz) vorfinden würde, dass die diffuse Färbung nur durch die Kleinheit der Fleischtheilchen vorgetäuscht werde.

Die Untersuchungen an den genannten Muskeln brachten mich zu keiner sicheren Entscheidung. Nur an den für diesen Zweck sehr günstigen Fasern des Axolotel's gelang mir der Nachweis mit genügender Sicherheit, dass wirklich nur die Zwischensubstanz sich färbe, während die Fleischtheilchen ganz ungefärbt blieben. Aus dieser Verschiedenheit in der Farbstoffwirkung ergibt sich wie bei der Zellenfärbung unzweifelhaft, dass wir es bei der Muskelfärbung nicht mit einer blos mechanischen Imbibition zu thuen haben, sondern dass die Kittsubstanz chemisch auf den Farbstoff wirkt, was bei den Fleischtheilchen nicht der Fall ist.

Bei dieser Sachlage wendete ich mich wiederholt an die Güte des oft genannten Meisters in dieser wichtigen Frage selbst, an Herren Professor Gerlach, der mich schon bei dem Beginne meiner auf diesen Punkt gerichteten chemisch-mikroskopischen Studien auf das freundlichste mit Rath unterstützt hatte.

Ich bin ermächtigt, im Folgenden seine eigenen Untersuchungsergebnisse

*) Mikroskop und mikroskopische Technik. S. 89.

in dieser Frage zu veröffentlichen. Herr Professor Gerlach schreibt mir am 31ten Mai dieses Jahres:

»Dagegen habe ich eine reiche Erfahrung an Spirituspräparaten. Hier färbt sich der Axencylinder sehr rasch und intensiv; was die quergestreiften Muskeln betrifft, so färben sich weitaus am intensivsten die Muskelkörperchen (früheren Kerne), dann die Kittsubstanz zwischen den Sarc. Elem.; letztere dagegen fast gar nicht; letzteres ergiebt sich am besten an Querschnitten, die mit starken Immersionslinsen untersucht werden. Minder bestimmte Erscheinungen bieten die muskulösen Faserzellen dar; hier erscheint der stäbchenförmige Kern immer intensiv roth im Gegensatz zu der fast ungefärbten übrigen Substanz der contractilen Zelle.«

»Dass Säuren sehr bestimmend auf tingirte Präparate wirken, zeigt die einfache Erfahrung der Behandlung eines tingirten Stückchens Binde- oder Hornhautgewebes mit Essig-, Oxal- oder Citronensäure.« etc.

Wir haben sonach im Nerven wie im Muskel eine Abwechselung chemisch verschieden reagirender, ganz regelmässig, reihenweise, linear angeordneter Gebilde = Flüssigkeitsketten, die zur Erklärung der electrischen Gewebsströme als Hauptursache vollkommen auszureichen scheinen.

Dass der Muskel nach seinem chemischen Bau mit dem du Bois-Reymond'schen physikalischen Schema vollkommen übereinstimmt, leuchtet auf den ersten Blick ein. Auf einem Längsschnitt ist die sauere Kittsubstanz strickleiterförmig angeordnet, zwischen den senkrecht auf die Faser stehenden Leitersprossen stehen die von der Kittsubstanz chemisch verschieden reagirenden Fleischtheilchen ebenfalls linear angeordnet und senkrecht auf die Längsoberfläche der Gesammtmuskelfaser. Dieses Bild ergibt die Betrachtung der gefärbten Axolotelfaser direkt.

Bei dem Nerven ist die Anordnung ganz ähnlich, nur fehlt die Complication der senkrechten s. v. v. Leitersprossen, die wir bei dem Muskel antreffen.

Es ist uns damit gelungen, die electromotorischen Flächen du Bois's aufzufinden, an deren Theorie selbstverständlich dadurch Nichts geändert wird.

Bisher ist mit Sicherheit nur die Anwesenheit von Säure in den Geweben durch die Resultate der Carmintinction eruirt worden.

Die Säure ist die eine Flüssigkeit der Kette, es fragt sich, was wir als die zweite wirksame Flüssigkeit in den electromotorischen Geweben zu betrachten haben.

Es scheint mir, dass uns hierüber schon die älteren Resultate kaum einen Augenblick zweifeln lassen.

Die frischen, gesunden Gewebe reagiren entweder alkalisch oder neutral. Die Carmin färbung zeigt uns, dass in diesen neutralen oder alkalischen Gebilden sauere Theile schon während des normalen Lebens sich vorfinden. Wir können daraus nur schliessen, dass diese sauere Reaction durch eine stärkere alkalische entweder übercompensirt oder in ihrem Erfolg auf Pflanzenfarben wenigstens neutralisirt wird. Wir können sonach, wie mir scheint, wir nicht die stark alkalisch reagirenden Gewebssäfte als mitbetheiligt n Resultate der Prüfung auf Pflanzenfarben ansehen wollen, die wir

Carmin nicht oder wenig gefärbten Gewebsbestandtheile nur als alkalisch betrachten.

Die Frage ist jedoch principiell nicht sehr wichtig, da bekanntlich electrische Ströme zwischen neutralen und saueren, wie zwischen schwach-saueren und stark-saueren Flüssigkeiten entstehen. Doch ist mir auch aus anderen Gründen, als den bisher erwähnten, die alkalische Reaction der betreffenden Gewebstheile wahrscheinlicher, besonders aus den Ergebnissen über die Anilin- und Goldchloridfärbung der Nerven und Muskeln. Direkte Versuche ergaben mir, dass sich mit Goldchlorid künstlich alkalisch gemachte Gewebsstückchen sehr intensiv färben. Dasselbe ist bei sehr stark-saueren der Fall, ein Umstand, durch den ich lange in der Irre geführt wurde.

Die Nervenfaser färbt bekanntlich in Goldchlorid vor allem stark ihre nach Kleps doppelbrechende Markscheide. Da diese, wie die Carmintinction ergibt, nicht sauer ist, so kann sie also wohl nur ziemlich stark alkalisch sein.

Todte = »saueree Muskeln färben sich diffus mit Goldchlorid, es zeigt sich aber an dünnen Stellen der Längsfaser oder noch besser auf feinen Querschnitten, dass die Kittsubstanz nur schwach blau ist, während die doppelbrechenden Fleischtheilchen stark blau gefärbt sind, so stark wie die Nervenmarkscheide. An einzelnen besonders günstigen sehr zarten Präparaten erschien die Kittsubstanz ganz ungefärbt und nur die Fleischtheilchen stark blau.

Es scheint mir diese Bemerkung für die alkalische Reaction der Markscheide und der Fleischtheilchen direkt zu sprechen.

Es verdient Aufmerksamkeit, dass die Fleischtheilchen und die Markscheide in mehreren Eigenschaften übereinstimmen. Kleps hat gezeigt, dass optisch sich die Markscheide ähnlich verhält wie die Fleischtheilchen, sie ist doppelbrechend, electrisch nehmen sie als Bestandtheile der thierisch-electrischen Ketten die gleiche Stelle ein; eben wurde angegeben, dass sie sich auch gegen Goldchlorid analog verhalten. Der Schluss scheint nicht zu gewagt, dass beide hinsichtlich ihrer chemischen Substanz identisch oder wenigstens sehr analog sind. Das nachgewiesene Vorkommen der für die Marksubstanz des Nerven charakteristischen Stoffe im Muskel macht den Gedanken noch wahrscheinlicher, der jedenfalls einer eingehenderen Prüfung werth ist.

Auch das Resultat der Anilinfärbung der Nerven scheint für die alkalische Reaction der Markscheide zu sprechen. Frey a. a. O. gibt an, dass sich mit Anilin der Axencylinder des Nerven dunkler färbe als die Markscheide. Alkalien machen das Anilin verbleichen (Nervenmark), während Säuren (Axencylinder) die Schönheit des Roths fast noch erhöhen. —

Ueber den Grund des Aufhörens der electrischen Gewebsströme mit dem Tode des Gewebes bedarf es noch einiger Bemerkungen.

Die Flüssigkeitsketten wirken nur so lange, als beständig die an der Grenze der beiden electromotorischen Flüssigkeiten entstehenden Neutralisations- oder Ausgleichungsprodukte sehr rasch wieder weggeschafft werden. Die activen Zellsaftströmungen, die wir auch in dem flüssigen Inhalte des Muskels und des Nerven wirksam voraussetzen müssen, besorgen dieses Wegschaffen während des Lebens wohl vor allem. Dabei wirkt die beständig und rasch am Gewebselemente hinströmende alkalische Ernährungsflüssigkeit mit, welche die Diffu-

sionsströmung in diesen Gebilden sehr viel rascher machen muss als in stagnirenden Flüssigkeiten, indem durch sie an den Gewebsgrenzen beständig die Stoff-Ausgleichung eine fast momentane wird. Dass aber die letztere Ursache für die Wirkung der electromotorischen Gewebe nicht absolut bedingend ist, geht daraus hervor, dass sie auch aus dem Kreislauf herausgenommen noch einige Zeit ungestört functioniren. Die besprochenen activen Saftströmungen müssen also als das Hauptmoment für eine Constanthaltung der Flüssigkeitsketten angesprochen werden.

Mit dem allmähligen Absterben des Gewebes wird der vorhin flüssige Muskel- und Nervensaft starr, die Gewebsströme hören damit von selbst auf, die Neutralisations-Produkte häufen sich nun ungestört an und die Wirkung der Kette erlischt.

Die stärkere alkalische und normale, vor allem die stärkere sauere Reaction im Gewebe muss von ganz analoger Wirkung sein, indem der Neutralisations- und Ausgleichungsvorgang nun rascher erfolgt als die Reinigungsvorgänge arbeiten, welche die Kette constant erhalten. Es tritt nach und nach eine fortschreitende Ausgleichung der chemischen Unterschiede ein. Das Sauerwerden der absterbenden Gewebe spricht dafür in direktester Weise.

Die Färbung mit Carmin zeigt aber, dass die chemischen Unterschiede durch das Absterben der Organe nicht vollkommen verschwinden, für die Carminwirkung werden sie kaum weniger in die Augen fallen. Es häuft sich an den schon im normalen Leben saueren Gewebstheilen die Säure nach dem Tode noch stärker an, die Carminfärbung wird dadurch also noch stärker werden müssen. Die stärksten Carminimbibitionen geben daher die Präparate, welche frisch in die Carminlösung gebracht und in ihr abgestorben sind, nur erscheinen die Grenzen der gefärbten Substanzen weniger scharf. Dass die Marksubstanz oder die Fleischtheilchen schwächer alkalisch geworden sind, kann uns selbstverständlich die Carminfärbung nicht lehren, die nur über sauere Reaction Aufschluss gibt.

Künstlich gesäuerte Nerven, Muskeln, Haut oder anderes Bindegewebe färbt sich dagegen ungemein rasch diffus roth, so dass keiner der beschriebenen Unterschiede mehr wahrnehmbar ist. An mit Essigsäure stark gesäuerten Muskeln sah ich durch Carmin die Fleischtheilchen sogar stärker gefärbt als die Kittsubstanz.

Diese diffuse Färbung wird sehr anschaulich bei einem Nerven, der längere Zeit in verdünnter Essigsäure lag und dann sorgfältig in Wasser gereinigt wurde. Nur in schwache Carminlösung gebracht, färbt er sich diffus, sowohl Mark als Axencylinder, in wenig Minuten, während ein normaler Nerve, zum Vergleiche mit eingelegt, sich noch gar nicht gefärbt zeigt. Noch schönere Präparate geben zarte Bindegewebsstückchen ebenso behandelt.

Diese Säurewirkung ist, wie oben erwähnt, zugleich einer der Beweise dafür, dass die sauere Reaction es ist, die das Carmin in den Geweben fixirt.

Die älteren Versuche wie die neuesten über Carminimbibition des Muskels haben gezeigt, dass am stärksten von allen Muskelelementen sich die sogenannten Muskelkerne färben. Es ist wohl nicht unwahrscheinlich, dass unter diesen zum Theil auch die sogenannten »Endplatten« sich finden.

Es bedarf nur eines Tropfens Essigsäure zu einem frischen Muskelpräparate, um die regelmässige, reihenweise Anordnung dieser Kerne in der Muskelfaser zu demonstriren. Es ist sonach unzweifelhaft, dass sich diese sehr saueren Gebilde, in die schwächer sauere und alkalische Umgebung eingebettet, ganz so verhalten, wie die saueren Zellenkerne in den electromotorischen Drüsen und glatten Muskeln. Auch sie werden sich also in wesentlichster Weise an der Erzeugung der regelmässigen electrischen Strömungen im Muskel betheiligen und zwar offenbar ganz im Sinne der sonstigen electromotorisch wirkenden chemischen Ungleichartigkeiten im Muskel.

## Resultate.

Damit beschliesse ich die vorstehende Untersuchung und fasse zum Schlusse nur noch die Resultate dieses Capitels zusammen.

Wir sahen in den bisherigen Untersuchungen die electromotorischen Erscheinungen am Nerven, die mit seinen übrigen Lebenserscheinungen besonders mit seiner Erregbarkeit so innig zusammenhängen, in regelmässiger Abhängigkeit von bestimmten chemischen Einwirkungen. Es machte uns das die Abhängigkeit der gesammten electromotorischen Erscheinungen von inneren chemischen Gewebsvorgängen sehr wahrscheinlich.

Im vorstehenden Capitel wurde der erforderliche Nachweis dafür geliefert:

1. Nach Gerlach lassen sich alle thierischen (nach Beale auch die pflanzlichen) Gewebselemente scheiden in solche, welche sich durch Carmin dauernd färben und in solche, welche ungefärbt bleiben.

2. Der Grund der dauernden Carminfärbung liegt in der saueren Reaction der betreffenden Gewebselemente. Sind die Gewebe künstlich gleichmässig stark sauer gemacht, so färben sie sich gleichmässig. Eine Neutralisation der Gewebssäure mit Ammoniak verhindert die Carminfärbung vollkommen und entfärbt gefärbte Präparate.

Die Wirkung der Säure beruht in einer Ausfällung der schwererlöslichen Carminsäure aus dem zur Färbung verwendeten neutralen Carminammoniak, Alkali löst die Carminsäure wieder auf.

3. In Präparaten, bei denen durch rasche Einwirkung von absolutem Alkohol die chemischen Gewebsverhältnisse möglichst wie während des normalen Lebens fixirt wurden, zeigt sich im Nervenrohre der Axencylinder intensiv sauer, während die Marksubstanz wahrscheinlich alkalische Reaction besitzt. In der Muskelfaser ist die Kittsubstanz sauer, während die Fleischtheilchen sich wie das Nervenmark verhalten.

In regelmässigen der Faser parallelen Linien finden sich in die Muskelfaser noch sehr stark sauere Kerne eingelagert. In jeder Zelle sind der Kern und die Kernkörperchen sehr stark sauer, während die sauere Reaction gegen die Zellenperipherie sehr rasch abnimmt und dort in eine alkalische übergeht. Wahrscheinlich ist im Leben der Zelleninhalt ohne den Kern ganz alkalisch.

Der Grund, aus dem wir neben der durch Carminfärbung nachgewiesenen saueren Reaction gewisser Gewebselemente eine alkalische Reaction

der anderen (mit Carmin nicht oder nur sehr schwach gefärbten) annehmen, liegt vornehmlich darin, dass die Prüfung der Reaction der ganzen Gewebe auf Pflanzenpapier eine neutrale oder meist eine schwach alkalische Reaction erweist. Die sauere Reaction der mit Carmin sich färbenden Gewebstheile wird demnach durch die neben ihr vorhandene alkalische Reaction anderer neutralisirt oder übercompensirt.

4. In den electromotorischen Geweben: Muskeln (quergestreiften und glatten), Nerven, electromotorischen Drüsen finden sich die beschriebenen Differenzen in der chemischen Gewebsreaction vollkommen regelmässig angeordnet. Es finden sich regelmässige Abwechselungen von kleinen saueren und alkalischen Theilen.

5. Die saueren und alkalischen Flüssigkeiten im Innern der electromotorischen Gewebe müssen, so lange eine lebhaftere Saftbewegung in den betreffenden Zellen und Zellenabkömmlingen sich findet, wie sie bei den Zellen mikroskopisch nachgewiesen ist, als constante galvanische Flüssigkeitsketten wirken. Mit dem Absterben der Gewebe, das mit einem Gerinnen des vorher flüssigbeweglichen Gewebssaftes verbunden ist, müssen die electrischen Gewebsströme an Stärke abnehmen und endlich verschwinden, weil sich nun die Neutralisationsproducte an der Grenze der wirksamen Flüssigkeiten anhäufen, ohne weggeschafft werden zu können. Dasselbe bewirkt in geringerem Grade das über die Norm starke Vorwiegen einer der beiden wirksamen Flüssigkeiten, der Säure oder des Alkali, weil dadurch eine zunehmende Gleichartigkeit der Flüssigkeiten intendirt wird (cf. Meine Grundzüge der Physiologie des Menschen. S. 596; Chemische Theorien der thierischen Electricität und Tetanus S. 404. Capitel XVII; Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf das electromorische Verhalten des Muskels. Die dort niedergelegten Ansichten wurden durch das Experiment nur in ganz untergeordneten Punkten modificirt).

6. Wir sind berechtigt, diese regelmässigen chemischen Differenzen in den Geweben als Hauptgrund der regelmässigen electromotorischen Eigenschaften der Gewebe zu betrachten. Es ist mit dem Nachweis des Vorhandenseins der regelmässig angeordneten Säure-Alkali-Ketten in den electromotorischen Geweben die E. du Bois-Reymond'sche Molecularhypothese auf eine chemische Grundlage fundirt und bewiesen.

Du Bois-Reymond fordert von der Theorie der electromotorischen Wirkung der Gewebe, dass sie »die Bedeutung der Fleischprismen, des Axencylinders und der Nervenendplatte« erkläre. Unsere Annahmen beruhen einzig und allein auf der an den Fleischprismen, dem Axencylinder und den Nervenplatten (?Kernen) sowie an den Zellkernen gefundenen regelmässigen chemischen Verschiedenheit von den umgebenden Stoffen, welche Verschiedenheit an anderen Orten als eine Quelle electromotorischer Wirkungen bekannt ist.

Du Bois-Reymond fordert der Faser parallele Reihen darauf senkrechter electromotorischer Flächen zur Erklärung der gesetzmässigen Gewebselectricität. Die Betrachtung eines mit Carmin gefärbten Primitivmuskelbündels auf dem Längsschnitt zeigt uns die geforderte Anordnung direkt, in fast absolut gleicher Weise wie du Bois-Reymond in Figur 7 der oft citirten Abhandlung über die

electromotorische Kraft der Nerven und Muskeln neuerdings die Molecülstellung schematisirt. Die Betrachtung eines gefärbten Nervenbündelquerschnitts zeigt die geforderte Stellung der electrischen Molecüle oder Flächen nicht weniger deutlich, wir sehen in ganz regelmässiger Weise die Durchschnitte der saueren Axencylinder abwechseln mit den alkalischen Gewebstheilen, jedes Stück Nervenfaser für sich ist eine einzelne regelmässige Säurealkalikette. Ganz regelmässigen Säurealkaliketten in dem geforderten Sinne begegnen wir auch bei den aus Zellenreihen bestehenden electromotorischen Geweben (Drüsen und glatter Muskulatur).

Es soll nicht geleugnet werden, dass an der Hervorbringung der regelmässigen electrischen Gewebswirkungen neben den hier nachgewiesenen chemischen Ursachen sich auch noch die von E. du Bois-Reymond herbeigezogenen Hydrothermoströme und Diaphragmaströme betheiligen können. Das aber wird wohl sogleich einleuchten, dass wir in den chemischen Differenzen der Gewebe die Hauptursache der thierischen Electricität aufgefunden haben. —

Durch die mitgetheilten Untersuchungen werden die physikalischen Lebenseigenschaften der Nerven zum Theil auf erkannte, nachweisbare, höchst einfache chemische Vorgänge zurückgeführt.

Das neu gewonnene Ergebniss treibt, mit frischem Eifer den bisher betretenen Weg zu verfolgen, dessen Ziel die Vereinigung der Resultate der physikalischen und chemischen Forschung in der Physiologie zu einem Gesammtbilde des Lebens ist.

LANE MEDICAL LIBRARY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIFORNIA 94304
Ignorance of Library's rules does not exempt violators from penalties.

SOM-10-63-8632

LANE MEDICAL LIBRARY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF. 94304

L185 Ranke, Johannes
R19 Tetanus.
1865

| NAME | DATE DUE |
| --- | --- |

L185
R19
1865